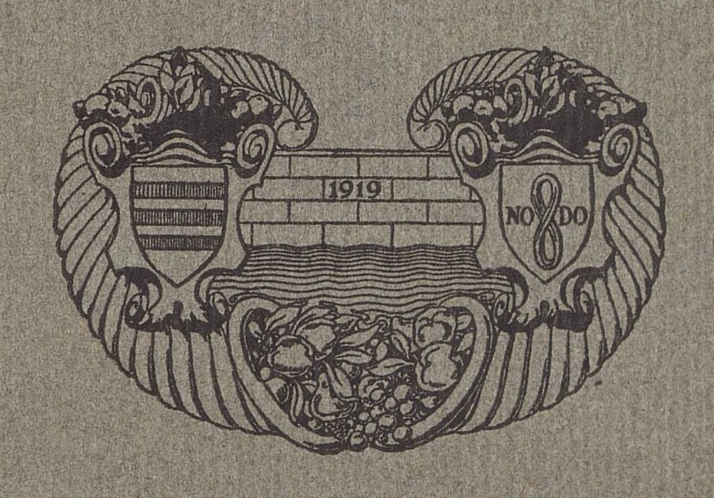
PROYECTO DE CANALIZACION Y APROVECHAMIENTO DE ENERGIA DEL GUADALQUIVIR ENTRE CORDOVA Y SEVILLA

POR EL INGENIERO DE CAMINOS
D. CARLOS MENDOZA




HΣSPΣRIA
LIBROS HISPANICOS
PLAZA JOSE ANTONIO, 10
ZARAGOZA


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

CANALIZACION Y APROVECHAMIENTO DE ENERGIA DEL RIO GUADALQUIVIR





Canalización y aprovechamiento de energía del río Guadalquivir

Resumen del proyecto redactado por el Ingeniero de Caminos D. Carlos Mendoza, presentado al Excelentísimo Sr. Ministro de Fomento el 14 de Marzo de 1919.



MADRID
Imprenta de Blass y Cía., San Mateo, 1
1920



A S. M. el Rey Don Alfonso XIII (q. D. g.)

SEÑOR:

Vuestro Reinado marcará en la Historia el principio de una nueva época de resurgimiento moral y material de la Nación española.

El profundo amor a España, así como el sublime optimismo de que está empapado vuestro espíritu, va despertando de continuo en todos los españoles, aquellas virtudes privilegiadas de nuestra raza que parecían dormidas, y que en tiempos pasados la llevaron a ocupar el primer puesto entre todas las de la Tierra.

Vuestro optimismo, comunica la fe. Vuestro amor a España, unirá a los Españoles todos en el ideal de hacerla digna de sí misma.

La fe y el amor común, engendran el sacrificio y el trabajo fecundo; el trabajo regido por la justicia y endulzado con la caridad.

Recibid, Señor, este grano de arena; y si algún día se convirtiese en bloque de oro, que el brillo de su riqueza a nadie deslumbre, para que todos puedan leer una inscripción que habrá de llevar en todas sus caras la cual dirá:

«Este oro estaba creado, pero oculto. Vino un Rey con » unos cuantos españoles y trabajaron para sacarlo a luz, y » labraron este bloque.

»Se fundió al calor del amor; se labró con el trabajo de » todos; y el Rey para premiarles, les entregó esta riqueza para que la administraran y les dijo: **Es como vuestra; administradla de modo que a nadie dañe y beneficie al mayor número.»**

Carlos Mendoza
Ingeniero de Caminos.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Presa del Carpio (en construcción), de compuertas metálicas sistema Stoney, análoga a las proyectadas para la canalización del Guadalquivir sobre el mismo río





I

Historia de antiguos proyectos para la canalización del Guadalquivir

Viajes célebres por el río y antiguos reconocimientos.

A nosotros, que no nos guía el objeto del historiador, no incumbe el discutir o aclarar si los romanos o los árabes pudieron o no utilizar el río para sus transportes. Tampoco creemos necesario relatar viajes célebres y antiguos reconocimientos como los del Marqués de Pozoblanco y el Coronel de Ingenieros D. Francisco Gozor en el siglo XVII, otro de un ingeniero español en los primeros años del XIX, que acaso sirviera de estímulo a los franceses en 1811 y 1812 para establecer una comunicación regular, todo lo que permitía el río, de aprovisionamiento de Córdoba a Sevilla; ni el del Barón de Karwinski, Ingeniero de Minas, acompañado del del Ejército D. Diego Tolosa en el año siguiente, quienes en una barca cargada con setenta quintales de pertrechos de artillería y tripulada, además, por seis hombres escogidos, tardó cuatro días en llegar a Sevilla y diez en volver a Córdoba, aunque iba de vacío; ni menos entraremos en detalles de las dificultades de tales ensayos, como son las que oponía la corriente al subir y el escaso fondo en las chorreras o el paso de las pocas presas que había entonces (una en Lora y otra en Peñaflor) y que se salvaban con mil trabajos y fatigas, descargando las barcas primero, pasándolas luego y vol-



viéndolas a cargar, o transbordando las mercancías entre barcas situadas a los lados de la presa.

Lo que enseñan.

Estos intentos son páginas brillantes en la historia del Guadalquivir, y demuestran que se ha podido ir una o varias veces de tal a cual punto. Pero eso mismo comprueba la imposibilidad de navegar por el Guadalquivir de modo constante y regular, pues esto significa el mérito que se aprecia en aquellas raras empresas.

En realidad, no necesitábamos nosotros de estos hechos para convencernos de la imposibilidad de navegar por el Guadalquivir utilizándolo en su estado natural, sin más trabajos. Pocos ríos hay en el mundo que no hayan tenido que ser mejorados, y entre ellos muchos, que ahora son admirables, han exigido grandes obras y gasto de mucho dinero, aun gozando de condiciones naturales superiores a las del nuestro.

Pero conociendo aquellos célebres viajes y el propósito, se ve a su luz todo el interés con que siempre y desde muy antiguo se ha perseguido la navegación en el Guadalquivir.

Real cédula de Felipe IV, de 23 de Diciembre de 1626, y resoluciones ministeriales que se preocupan de hacer navegable el Guadalquivir y ponderan las conveniencias públicas de la obra.

Así como ennoblece a las personas el encontrarles raíces gloriosas en el pasado, así la canalización del Guadalquivir se llena de prestigios con los viejos blasones que desde siglos vienen pregonando su necesidad para la conveniencia pública. Unos son las hazañas que antes citamos y otros las rancias ejecutivas en que consta de manos de reyes y de ministros (1).

Cédula de Felipe IV.

Entre las más antiguas de las que el azar nos ha mostrado hay una real cédula del Rey Felipe IV, dada en Madrid. Tiene fecha de 23 de Diciembre de 1626 y dice así:

«El rey: justicia y regimiento de Sevilla, sabed: Que teniendo por uno de los medios más eficaces para la restauración de la población y comercio de estos reinos la navegación de los ríos más principales que hay en ellos, he resuelto que se trate de hacer navegable el Guadalquivir de esta ciudad a la de Córdoba, para lo cual mandé que vinieran ingenieros de Flandes que, después de haber reconocido las dificultades que impedían la navega-

(1) El archivo del Ayuntamiento de Córdoba encierra numerosos e interesantes documentos sobre este punto.



ción, ofreciesen allanarlas; y ahora he nombrado a D. Gaspar Bonifax, mi Corregidor de Córdoba, por Superintendente de esta obra, en el uso, ejercicio y jurisdicción que se contiene en otra cédula mía; y como quiera que las conveniencias públicas que resultaren de esto son notorias y que esa Ciudad es tan interesada en la mayor salida de sus frutos y en gozar a precios más baratos los de las tierras comarcanas y otras comodidades, fiando de vosotros que me serviréis de ello, como siempre lo habéis hecho, os encargo y mando que, en todo lo que os pareciere conveniente al fin referido, ayudéis con particular asistencia al dicho D. Gaspar Bonifax, y desde luego habéis de prevenir los arbitrios o medios que sean necesarios para sacar el dinero que tocare en el repartimiento del gasto de dicha navegación, de manera que la brevedad y buen efecto anime con vuestro ejemplo a las demás ciudades capaces de recibir este beneficio, que traten de hacer navegables ríos que pasen por ellas; por lo que en razón de lo susodicho hiciésedes, lo recibiré por mi agradable servicio, etc.»

Queremos dejar en claro un largo período de años y volver a fijar la atención en una resolución ministerial de 1847 en que, después de un reconocimiento realizado por el Ingeniero de Caminos D. José García Otero en el Guadalquivir pocos años antes y de redactar un proyecto de canalización del río y otro de canal lateral derivado desde Lora, se llega hasta anunciar la subasta del último en la forma literal que transcribimos:

«Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras públicas.—Enterada la Reina (q. D. g.) de que por los reconocimientos practicados en el Guadalquivir, con objeto de facilitar la navegación por su cauce, se ha demostrado lo conveniente que sería abrir un canal lateral derivado desde Lora, cuya obra ofrece utilidades bastantes para que con algunos auxilios del Gobierno se animen los empresarios particulares a ejecutarla por su cuenta; y considerando que con la apertura de este canal se daría principio al que con el tiempo puede ser continuado hasta Córdoba, según desde anteriores épocas está resuelto por varias Reales órdenes que han considerado de grande interés nacional la realización de tan grandiosa idea, S. M. se ha servido resolver:

1.º Que se publiquen la Memoria, planos y demás documentos facultativos relativos al citado canal lateral a fin de que los particulares o Compañías que quieran tomar a su cargo aquella empresa hagan sus proposiciones con conocimiento de causa.

2.º Que la Junta Consultiva del ramo redacte a este fin el pliego de condiciones, bajo el que podrá adjudicarse la misma empresa, señalando el término que estime suficiente para la admisión de las propuestas.

Y 3.º Que verificada la adjudicación en la forma que se determina, se presente a las Cortes, convertida en proyecto de Ley, para la debida garantía y seguridad de las obligaciones que en su virtud se estipulen.

Al propio tiempo, y con el fin de que el público pueda ilustrarse, así sobre la naturaleza de las dificultades y del coste que ocasionaría la habi-



litación del río para establecer una navegación regular por su cauce, como sobre la clase de recursos que para su realización serían necesarios, S. M. ha tenido a bien resolver que se publique también, según está ya mandado, el resultado de los reconocimientos practicados con dicho objeto en el río Guadalquivir desde Córdoba a Sevilla, y que por la propia Junta Consultiva se extienda asimismo un pliego de condiciones análogas a las del canal, para el caso de que el interés particular quisiese establecer la navegación por el cauce del mismo río, auxiliando con ciertas concesiones del Gobierno, que en su día podrán ser otorgadas, salvo siempre el derecho del mismo o de los particulares a abrir en todo o en parte el canal lateral entre Córdoba y Sevilla, según previene en Real orden de 22 de Junio de 1844.

De Real orden lo comunico a V. S. para su inteligencia y efectos expresados. Dios guarde a V. S. muchos años. Madrid, 16 de Julio de 1847.—*Pastor Díaz.*—Sr. Director general de Obras públicas.»

No conocemos los motivos porqué no se llevó a cabo la «grandiosa idea» de la navegación sobre el Guadalquivir. Acaso la ayuda ofrecida por el Gobierno no la estimaran suficiente las empresas constructoras; tal vez los ferrocarriles, que por entonces comenzaban a desenvolverse, desviaron la atención pública de aquellos propósitos.

Además la canalización de ríos había empezado a dar en aquellas fechas sus primeros pasos y los recursos que ofrecía el arte eran muy imperfectos. Pero este estudio merece mayor atención, para analizar y criticar los proyectos que había presentado Otero, y un párrafo aparte que a continuación le dedicamos.

Los proyectos del Ingeniero de caminos D. José García Otero.

Con los elementos recogidos por D. José García Otero, Ingeniero de Caminos, en los reconocimientos practicados en el Guadalquivir bajo su dirección, en los años 1842 y 1844, presentó este Ingeniero dos anteproyectos sobre aprovechamientos del río Guadalquivir.

Es el primero la canalización del cauce del río, y el segundo el de un canal lateral al mismo, derivado desde Lora. A ambos es a los que se refiere la resolución del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras públicas del año 1847 que antes hemos transcripto.

El proyecto de canalización.

Otero reconoce que el Guadalquivir «no es naturalmente na-



vegable» y que es preciso mejorarlo con los recursos del arte. Propone la construcción de 16 presas, «por lo menos», y acondicionar para la navegación las siete existentes con portillos, o si se prefiere, aunque resultan más costosas, con esclusas. Aconseja plantaciones en las márgenes para fortalecerlas y, por último, propone el establecimiento de caminos de sirga, cuyos inconvenientes para su conservación no se le ocultan, pues para evitar su gran coste deben ser sumergibles en las grandes avenidas del río. Termina el estudio técnico recomendando, con gran acierto, la adquisición de algunas dragas para «limpiar algunos bajos o aumentar el fondo luego que estuviesen construídas las presas».

El coste de estas obras para la canalización del Guadalquivir desde Alcalá del Río, donde termina la influencia de las mareas, hasta la Alameda del Obispo, a 4.742 pies (1.310 m.) del puente de Córdoba, se presupuesta en 10.890.000 reales vellón, si las presas se pasan por puertas, y 16.750.000 de igual moneda si se pasan por esclusas.

El proyecto de canal lateral al Guadalquivir de García Otero.

En este proyecto se utilizan las ideas expuestas por D. José Larramendi en una Memoria publicada en 1820, quien a su vez se proponía mejorar una parte del trazado de un vasto canal estudiado en 1785 por D. Carlos Lamaur para enlazar por navegación Madrid y Sevilla.

El canal se propone que arranque de Lora, haciéndose la derivación de las aguas con una presa de fábrica allí existente. Sus dimensiones habían de ser 11 m. de ancho en la superficie del agua, 2,25 m. de profundidad y taludes 1,5 por 1; con la pendiente que se le asigna podría transportar 12 m^3 de agua.

Lo interesante del proyecto es el aprovechamiento que se propone de las aguas. Pues éstas servirían para la navegación, riegos y fuerza motriz en las proporciones que Otero previene. Se podrían regar unas 4.500 hectáreas de terreno; utilizar 626 caballos de vapor y transportar barcas de cuarenta tonela-



das con una tarifa de 1,5 maravedises por arroba y legua, o sea, en nuestras unidades, 18 céntimos por tonelada y kilómetro.

El coste del canal, más el de una acequia para dar riegos a los llanos de Tablada, se presupone en 16.823.411 reales. Para que la obra pueda construirse y sostenerse se considera necesaria una subvención del Estado de los menos el 33 por 100 de su coste total.

Crítica de los proyectos de Otero.

Es de los dos proyectos propuestos por este Ingeniero el del canal lateral el que por sus propósitos presenta más atinado aprovechamiento de las riquezas del río. Desde un punto de vista general puede observarse, viendo lo que luego expondremos, cómo, con los planes de riegos del Estado y el que presentamos de navegación y aprovechamiento de energía del río, las ideas fundamentales de Otero subsisten. Unicamente varían mucho, y es natural después de setenta años, el modo y los medios de ejecución.

Y como nuestro proyecto tiene mayor relación en sus fines con el de canalización de Otero, a éste nos referimos principalmente en nuestra crítica.

Las presas.

Debemos comenzar diciendo que en este proyecto se utilizan los mejores medios que ofrecía la técnica de entonces y que se eligen y combinan con gran juicio y acertado criterio. Así, y justificando como se merece la imposibilidad de navegar por el Guadalquivir sin mejorar sus condiciones, y después de rectificar algunos errores sobre las presas existentes que, desde los barqueros del río, que ya en tiempo de D. Pedro el Justiciero dirigieron una exposición al Rey, hasta algunas personas doctas e incluso peritas, se tenían por las causantes de las dificultades para navegar por el río, se propone, no sólo su conservación, sino la construcción de otras 16 más.

Las presas de fábrica son inadmisibles.

Las presas que se proponen son todas de fábrica. En nuestros días esta solución de presas fijas para canalizar el Guadalquivir es totalmente inadmisible. Si antes se transigía con ellas es porque no se tenía cosa mejor para reemplazarlas. Pues bien



conocidos eran sus defectos, por lo que había que andar con tiento, porque si no en las avenidas «sus desastrosos efectos llegarían a ser incalculables»; en otro punto los concreta Otero diciendo que: «construídas sin las precauciones debidas, a veces habían influído en la dirección del río, originando inundaciones y rompimientos del terreno en las avenidas». Y esto es tan cierto que cuando se desconoce u olvida sucede lo queha su cedido a varias presas de fábrica construídas en el propio Guadalquivir.

Las presas movibles modernas.

Media docena de años antes del de la fecha de este proyecto se había hecho el primer ensayo para remediar estos inconvenientes. La idea consistía en hacer desaparecer la presa en las avenidas que es cuando toda la utilidad que reportaba en las aguas bajas, elevando su altura, se transforma en perjuicios. El artefacto que lo realizaba tenía, sin embargo, muchos defectos, que se han ido corrigiendo con el trabajo constante de muchos hombres para ir puliendo lo que la experiencia enseñaba como inconveniente. Pero ha sido preciso el transcurso de setenta años, desde el proyecto de Otero, para que pueda asegurarse de modo cierto que la técnica ha llegado a depurar un tipo de presa móvil que resuelve de modo plenamente satisfactorio la canalización del Guadalquivir.

Otros inconvenientes de las presas fijas.

Porque no hay que olvidar que en éste los perjuicios de las presas fijas de fábrica son más temibles que en ningún otro río por la enorme desproporción de los caudales de las avenidas respecto a las normales de su régimen. Y tanto mayor sean aquéllas, tanto menor debe ser la altura del obstáculo que se encuentren las aguas. A nosotros se nos figuran muy elevados los límites que fija Otero para los embalses «de 10 a 15 pies» (2,30 m. a 4,20), sobre todo el más alto (1). En la presa que ha construído

(1) Otero justifica este límite en la forma empírica que transcribimos, de acuerdo con los conocimientos de entonces: «Según las observaciones de los autores más acreditados, cuando las presas no pasan de 10 a 15 pies de altura, apenas producen en las avenidas una ligera alteración en la superficie del agua, bajo cuyo aspecto las presas de esta elevación no presentarán grandes inconvenientes.»



recientemente el Estado en Peñaflor para derivar las aguas del canal de toma para riegos sólo se ha llegado a los 3 m.; altura, que por nuestra parte estimamos ya excesiva y peligrosa; de modo que de hacer la canalización con presas fijas, habría que contar, no las 23 que «por lo menos» cuenta Otero, sino muchas más.

Y ya veremos también de qué modo tan inconveniente influye la multiplicación de las instalaciones en el coste de la canalización y en su explotación. Es decir, resumiendo, que las condiciones naturales del Guadalquivir, con grandes avenidas que obligan a presas bajas y gran pendiente que exige muchas, hace totalmente inaceptables las presas de fábrica o presas fijas.

Desaparición paulatina del calado creado por las presas fijas.

Aunque nos hemos propuesto hablar sólo de las características fundamentales, no podemos pasar por alto otro defecto de las presas de fábrica, también muy notable. Las presas fijas, por la barrera que forman, originan una sedimentación de las materias sólidas arrastradas por la corriente, que alcanza, no sólo a los cantos gruesos conducidos en las crecidas, sino al limo finísimo que se va depositando en la quietud de los embalses. Así éstos se van cegando paulatinamente, aunque sin llegar a su anegación completa, pues la violencia de las avenidas se lleva parte de lo depositado en las aguas bajas. No hay medio de luchar contra este fenómeno, pues los portillos, ni las compuertas de fondo, que fueron un día la esperanza del remedio, no han merecido la suprema aprobación de la experiencia, como era lógico esperar. Y esto, si es inconveniente para una Central hidroeléctrica, porque disminuye la capacidad del embalse, lo es mucho más para la navegación, pues en ésta ataca por su base el principio de petición de las presas; porque, ¿no se construyeron éstas para aumentar el calado de agua? Pero por la sedimentación, ¿no se produce una elevación del fondo del río? Es decir, que las presas fijas elevan el nivel del agua y al mismo tiempo el del fondo del río; para elevar el calado lo que se les pedía era lo primero, pero sin lo segundo. Había así que recu-



rrir al empleo de dragas, como elemento de conservación del calado, con todos sus inconvenientes por el recargo de los gastos anuales de explotación de la vía fluvial.

Tampoco podemos nosotros aceptar ni discusión siquiera sobre el punto que en el proyecto se deja a posterior elección acerca del medio para pasar las barcas las presas: si por portillos o por esclusas. Pues aunque los primeros economizan gastos de primer establecimiento de la obra, con escalones como los que proponemos, de 8 y 10 metros de altura, comunes en las canalizaciones modernas, el agua se despeñaría con velocidades de hasta 14 metros, y en esta catarata artificial ni el barco podría descender, porque sería zarandeado y volcado, ni remontar la corriente y vencer su ímpetu. Las esclusas son, para la navegación segura y regular, imprescindibles accesorios de presas. **Esclusas y no portillos.**

Respecto a la tracción de las barcas diremos, para terminar, que se dispone ahora de medios más adecuados al Guadalquivir que la sirga propuesta por Otero. Le dejaremos a él mismo que presente sus defectos: «Habrá dificultades para establecer los caminos de sirga y sirgaderos, y no podrán tenerse al pronto sino con mucha imperfección; es casi imposible llevarlos siempre por una margen, y para establecerlos en algunos parajes hay que empeñarse en muchos gastos sin tener posibilidad de darles la altura conveniente. **Remolque, y no sirga.**

De cualquier manera, es preciso contar que han de ser sumergibles en las avenidas, y lo mismo se ha de entender respecto a las esclusas, trabas y algunos diques; lo más que puede exigirse de estas obras, atendida la gran altura de las aguas extraordinarias, es que sirvan en aguas altas; pero tan pronto como el nivel se levante sobre ellas, la navegación debe cesar, quedando las obras sumergidas.» El azote de las crecidas sobre los caminos de sirga había de producir toda la destrucción que puede imaginarse y obligaría a una conservación que en muchos si-



tios y con mucha frecuencia sería verdadera reconstrucción; véase lo que en otro paraje del proyecto, hablando de la navegación de los franceses en el Guadalquivir y del viaje de Karwinski se dice, y que confirma nuestras predicciones: Karwinski encontró este camino (el habilitado por los franceses) muy deteriorado, a pesar de no haber transcurrido más que un invierno, atribuyéndolo a los daños causados por las avenidas o a la activa vegetación de aquel país.» La técnica moderna da en estos casos el recurso de los motores de vapor y de gas; las barcas llevan en sí mismo su motor, o, lo que es más frecuente, son arrastradas por remolcadores en trenes de dos, tres o más unidades, según su carga y el estado de las aguas. Por este medio puede evitarse la habilitación de esos caminos y sus costosas reparaciones.

El presupuesto de Otero carece ahora de valor.

Y respecto al coste en que se presupuestan las obras por Otero, no creemos que sea necesario el esforzarnos para demostrar que su indicación ha perdido por completo el valor. Pues sobre que los precios de todo, materiales y mano de obra, han variado mucho desde entonces, hay que alterar de modo profundo las soluciones adoptadas en aquel proyecto.

Resumen.

Nos ha parecido interesante el describir, criticar y compararlas con las que ahora podemos utilizar. No por espíritu especulativo, sino porque, habiendo sido publicado no ha mucho aquel proyecto, era preciso el razonar qué parte de aquellos viejos trabajos es utilizable y cuál es la que no debe aprovecharse. De modo conciso, puede concretarse en esta forma:

1.º Es utilizable la idea de hacer navegable el río.

2.º La canalización realizada con arreglo a aquel proyecto hubiera sido de nuevo irrealizable a poco de terminarse las obras.

3.º Los últimos progresos de la técnica resuelven el problema de la canalización del Guadalquivir de modo que pudiera llamarse perfecto.



Dos palabras sobre el proyecto de canal lateral.

No más quisiéramos emplear: una para aplaudir el espíritu y otra para desechar la forma. La primera, porque encierra un aprovechamiento más vario y armónico del río, ya que no el completo y total de sus riquezas, a que debe aspirarse. La otra, por el difícil consorcio para armonizar servicios de riegos, navegación y aprovechamiento de fuerza en una sola obra.

El canal de riego es la más fiel imagen de la naturaleza de un árbol: el agua que lo alimenta va sucesivamente pasando por las canales de segundo orden a las acequias y caceras de modo que, aliviando su gasto, va disminuyendo su sección, como se adelgaza el tronco del árbol al acercarse a los altos de su copa.

La navegación, por el contrario, exige constancia de sección, pues los mismos barcos deben navegar en el origen que en el extremo del canal. Sus aguas, además, deben estar tranquilas para que se muevan las embarcaciones con pequeño esfuerzo, y por eso el aspecto de estas obras es el de una serie de estanques escalonados por los que no corre el agua de modo continuo, como en los de riego, sino en la forma intermitente a que obligan las esclusadas.

El canal para un aprovechamiento de energía, por último, debe, en una sección determinada, sufrir un brusco desnivel de su rasante para producir el salto. Las consecuencias son: para la navegación, exigir una esclusa, y para los riegos, el no regar, si para aprovechar bien el salto se baja mucho el canal inferior o el regar a costa de perder escalón.

Fácilmente se comprende lo difícil que sería dar cumplida satisfacción en una misma obra a tan contradictorias necesidades. Y de estos antagónicos maridajes el fruto sería una solución igualmente desapropiada a las necesidades que se querían llenar, tanto más cuanto más quisiera apurarse los aprovechamientos del agua. Así en el proyecto que nos ocupa sólo se llega al riego de 4.500 hectáreas y al aprovechamiento de 626 caballos de energía; en tanto que con el que proponemos, sin perju-



dicar ni disminuir en nada las 34.000 hectáreas de regadío del plan del Estado, se utilizan 62.000 caballos de la energía del río en aguas invernales. Esto sin hablar de la navegación, que por sí sola bastaría para desechar la solución del canal lateral, como tendremos ocasión de justificar más adelante cuando comparemos técnica y económicamente la solución que presentamos con las otras posibles.

Y respecto a este punto tenemos también que desvanecer las esperanzas manifestadas públicamente de poder utilizar para la navegación entre Córdoba y Sevilla el canal que se está construyendo para los riegos de la región inferior del Valle del Guadalquivir. Pues no basta que la sección ordinaria del canal sea de 13 metros de anchura y con 2,30 de altura de agua para que los barcos puedan navegar por él. Entre otras consideraciones, porque ninguna de las obras de fábrica del canal, las ya construídas de Agua Lora, Azanaque, Cascajosa, etc., por ejemplo, se ha establecido con esas miras, de modo que, a menos de reconstruirlas totalmente, no podrían servir a la navegación; algunas de ellas, las dos primeras, por ejemplo, por tener una sección de agua reducida y la última, que es un túnel, obligaría para pasarla a utilizar barcos de condición sumergible.

El deseo de la navegación por el Guadalquivir estuvo siempre vivo.

Aquí haríamos punto en este capítulo de historia de la navegación del Guadalquivir si no tuviéramos un temor, al cerrarlo, en lo que pudiera llamarse su historia antigua. Los blasones que hemos presentado pueden parecer papeles viejos y apolillados por los años. Queremos decir que tal vez haya quien piense, y no sin fundamento, que no siendo permanentes, sino esencialmente mudables, las necesidades de los pueblos, que si bien los hechos y los documentos transcriptos demuestran que la navegación del Guadalquivir se tuvo por necesaria, fué esto allá en años lejanos, casi remotos. Y que no se deduce, en consecuencia, la necesidad en el momento. A esto contestaríamos: primero, insistiendo en nuestro propósito expuesto al darlos a



conocer, que es sólo de demostrar las viejas raíces del asunto, que no ha nacido ahora por nuestra voluntad; y, segundo, añadiendo algunos datos más, recogidos de las aspiraciones públicas manifestadas recientemente y que cierra con una página de historia contemporánea las de antigua que anteceden.

Los organismos económicos de la región, las Cámaras Agrícolas, el Consejo de Fomento y la Cámara de Comercio de Córdoba y Sevilla, sucesivamente, han solicitado en los últimos años del Gobierno se hicieran los estudios necesarios para hacer navegable el Guadalquivir, y que fuesen la base de una obra cuyos beneficios para la región y para España entera son indudables. El asunto se ha tratado también en la prensa en artículos llenos de esperanza y de deseos por la realización de una idea perseguida desde tan antiguo; se han publicado folletos y, faltos de otros elementos de juicio, se ha llegado hasta reproducir íntegros los proyectos de Otero. Finalmente, S. M. el Rey Alfonso XIII, haciéndose intérprete de esa general aspiración, ha demostrado en todo tiempo su interés por la realización de la obra y hasta ha realizado, nos consta, estudios personales acerca de ella, consultando previamente cuantos antecedentes pudo encontrar en el archivo de Córdoba.

Con esto, con lo que hemos dicho y lo que ha de seguir sobre la oportunidad del momento, cuyas necesidades son ahora, sin duda, más intensas que lo fueron nunca, quedará bien claro que desde siglos estuvo vivo, aunque adormecido a ratos, el deseo de todos de la navegación del Guadalquivir.


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

II

Hidrología del Guadalquivir

Esta es la frase empleada por cuantos han efectuado obras en el río Guadalquivir y por los habitantes de sus riberas cuando desean concretar brevemente el juicio que les merece.

El río Guadalquivir es un mozo de cuidado.

Es real y positivamente uno de los ríos más difíciles de tratar de España, y con esto queda dicho que lo es también de los de Europa. Participa en grado superlativo del carácter torrencial de todos los ríos españoles, y no parece sino el símbolo de la inconstancia, la insubordinación y la bravura de nuestra raza. Manso y sosegado en los estíos ardorosos, discurre perezoso a lo largo de su lecho hundido en las riberas, babeando sus aguas sobre las viejas presas de los parados molinos, se detiene hinchado y silencioso a dormitar en sus famosas tablas, a la sombra de los gigantes sauces, álamos, fresnos y tarajes de sus orillas, para más adelante andar riente guiñando sus ojos de sol de Andalucía al paso de sus vados y chorreras.

Lleno de vida en la abundosa primavera, con paso vigoroso salva los obstáculos, presta su savia a los canales, su fuerza a los molinos y recorre el camino hacia Sevilla, dando envidia al cielo azul con el alegre tono de sus aguas, al propio sol con sus



reflejos, al campo con sus arrulladores murmullos y ruidos armoniosos y al aire con la frescura de sus aguas de nieve derretida.

Pero el que fué manso y débil en estío, alegre y vigoroso en primavera, dócil y franco, mientras hay cielo azul y sol o luna, frunce su ceño con los cielos grises, tórnase de nuevo silencioso, pierde su alegre tono y sus reflejos y empieza ya a infundir pavor a todos los ribereños.

Y no en vano, ciertamente. Pocos días después, la hermosa vega, azotada por fuerte temporal del S. O., es víctima y testigo de la más gigantesca lucha entre unos y otros elementos. Y en esta lucha, el río, transformado en colosal torrente, ahonda su lecho profundo, ensancha el cauce, desmorona sus márgenes, rompe las presas, derriba los obstáculos y, no bastando, se desborda majestuoso por las vegas, e impaciente en su carrera loca, aquí que es deleznable rompe y rectifica su curso; allí que es duro, choca y retrocede, y a su paso siembra la desolación e infunde el pavor que despiertan las grandes y misteriosas energías de la naturaleza.

Es, ciertamente, un mozo de cuidado...

No es solamente la simple observación del río quien nos da esta impresión. Es también la ciencia de los números, cuando se aplica a su conocimiento y estudio.

No recordamos haber leído datos semejantes a los que nos ofrece el Guadalquivir en ninguno de los ríos de igual superficie de cuenca en Europa por lo que a variaciones en su caudal se refiere. No sabemos de otro río de igual cuenca cuyo caudal ofrezca irregularidades y diferencias tan considerables como éste. Citaremos, entre otros, uno de los que más analogías presentan con el Guadalquivir. El Pó. La superficie de su cuenca, 69.382 km.^{2}, es, poco más o menos, la misma que la del Guadalquivir, así como su desarrollo. Pues bien, su caudal máximo, igual al de nuestro río, es solamente 32 veces mayor que su caudal mínimo.



Otro río torrencial, el Tíber, con sus 17.169 km.², de cuenca e igual pendiente, sobre poco más o menos, en su zona baja pasa de 90 m.³ por 1'' en estiaje, a 3.200 en crecidas, o sea 35 veces más. El Guadalquivir pasa de 7 metros cúbicos a 7.000, es decir, que *su caudal de crecidas llega a ser mil veces mayor que el del estiaje.*

Este caudal tan considerable, y que admite comparación con los grandes caudales de los ríos principales de Europa, se precipita por un lecho de una pendiente media entre Córdoba y Sevilla de 0,45 por 1.000, que hace imprimir a sus aguas velocidades comprendidas entre tres y cuatro metros por segundo.

Estando el lecho del Guadalquivir en su zona baja surcado en el fondo de un ancho valle, formado en general por una capa de tierras, limos y acarreos que se apoya en otra más profunda de arcilla o margas arcillosas, puede tenerse idea de la labor destructora del coloso y de la constante movilidad de su lecho en zonas determinadas.

Extensión de la cuenca.

La cuenca del Guadalquivir tiene una extensión de 56.500 kilómetros cuadrados. Es, según la Reseña Geográfica y Estadística (1), «de las más importantes de España, tanto por su extensión como por la naturaleza de las comarcas que atraviesa, y por constituir un verdadero valle de escasa altitud, a diferencia de lo que sucede con los del Ebro, Duero, Tajo y Guadiana».

Se suelen considerar cuatro regiones principales en este río; la superior, hasta Mengíbar, de 16.500 km.²; la media, de Mengíbar a Córdoba, con 10.200 km.² de extensión; la inferior, que termina en Sevilla, o más exactamente, algunos kilómetros aguas arriba, en Cantillana, de 23.000 km.², y la marítima fluvial desde este punto hasta la desembocadura.

La longitud del Guadalquivir, desde su nacimiento en la

(1) Publicada por el Instituto Geográfico y Estadístico.



sierra de Cazorla, a su desembocadura, por Sanlúcar de Barrameda, es de 579 km., aproximadamente.

Régimen del Guadalquivir entre Córdoba y Sevilla.

El régimen del Guadalquivir es conocido por las observaciones que realiza la División Hidráulica.

En el cuadro siguiente resumimos los datos relativos a un año medio, deducidos de aquellas observaciones:

Cuadro núm. 1

Régimen medio del Guadalquivir en la zona de Córdoba-Sevilla

Escala hidráulica	Caudales en m³: s.				Alturas de escala en metros.						
	3 meses	6 meses	9 meses	Estiaje	Crecidas Media	Crecidas Máxima	3 meses	6 meses	9 meses	Estiaje Medio	Estiaje Máximo
Valchillón	94	40	19	7,80	6,75	10,11	1,10	0,55	0,25	0,01	0,04
P. del Río.	120	46	16	7,00	6,10	9,45	1,75	1,30	0,90	0,56	0,40
Cantillana	153	75	27	10,00	8,38	10,80	1,35	0,70	0,275	0,00	0,18

OBSERVACIONES:
El estiaje mínimo supuesto es el de 10 m³: s.

Crecidas del Guadalquivir

Ocupando lugar opuesto a los reducidos estiajes están las crecidas, aunque con el mismo carácter de extremadas y de desproporción respecto a sus aguas medias.

Influyen muchas circunstancias en la formación de una crecida; su importancia depende de la concurrencia de varias que produzcan efectos concordantes. Una lluvia persistente e intensa es la causa principal de las grandes riadas; pero, además, influyen otras, como la humedad del suelo, la dirección del viento, pues si es del Sur origina un enfriamiento rápido de las nubes al llegar a la vertiente meridional de Sierra Morena y considerable aumento de agua precipitada, la cual, por motivo de la mucha pendiente e impermeabilidad de esa parte de la cuenca, puede



llegar con extraordinaria rapidez y en gran proporción al lecho principal; es también elemento importante la región de la cuenca en que llueve, como se deduce de lo dicho anteriormente, y, además, la extensión en que llueva, etcétera.

La época de crecidas es muy variable; pero principalmente ocurre en primavera y otoño. Las importantes alcanzan 10 metros y más de altura sobre el nivel de estiaje.

Interesa para las obras que proyectamos la velocidad con que sube el nivel del río en determinada sección. Ordinariamente es de unos 10 a 15 cm. por hora, lo que supone cuatro o cinco días de duración para el completo período ascendente de 11 metros. Se han observado, sin embargo, crecidas mucho más rápidas: según los datos contenidos en la *Memoria histórico-crítica* sobre las riadas del Guadalquivir, escrita por don Francisco de Borja Palomo, la de 1806 subió a razón de 57 centímetros por hora, con lo que el río tardaría menos de veinte horas en ganar 11 metros de nivel.

Las crecidas que se propagan de Córdoba a Sevilla (otras sólo afectan a la última) emplean en recorrer los 200 kilómetros de distancia 37,5 horas, término medio, y 32 horas la que menos, según datos no muy seguros (1).

El caudal de máximas avenidas es un elemento esencial para nuestro proyecto, porque de él depende el desagüe que deben dejar las presas.

Hemos procurado reunir, para determinarlo, los datos de mayor garantía. Desgraciadamente carecemos de observaciones directas.

Ante su falta, hemos tenido que recurrir a su deducción racional. No es de este lugar detallar nuestro estudio. Baste decir que se han considerado con todo esmero tres secciones distintas. Se han considerado los datos pluviométricos y hecho estudios comparativos con otras cuencas. Los resultados de-

(1) Proyecto de las obras de defensa de Sevilla contra las inundaciones, por D. Javier Sanz.—Pág. 205.



ducidos se han aumentado aún más, por espíritu de prudencia. Así, hemos adoptado los caudales de 6.500 m³ y 8.000 m³ aplicables, respectivamente, a los tramos del Guadalquivir anterior a la confluencia del Genil y posterior a ella.

La porción de ría Sevilla-Alcalá del Río.

La región marítimo-fluvial del Guadalquivir se considera ordinariamente que abarca desde Sevilla a la desembocadura del río. Esta costumbre obedece, sin duda, a que es Sevilla la última población importante a que llega la influencia de la marea. Pero en realidad remonta aún más la indicada influencia y llega hasta Alcalá del Río, donde todavía es sensible. A partir de este punto decrece rápidamente, y un kilómetro aguas arriba de las barcas de este pueblo apenas se notan.

Comprendiendo, pues, nuestro proyecto de aprovechamientos del Guadalquivir esa porción de la ría, daremos algunos datos sobre su hidrología.

En este trozo de Alcalá del Río-Sevilla las condiciones del Guadalquivir se modifican totalmente, pues de fluvial se convierte en marina. Las mareas que penetran por el río deciden y gobiernan su régimen en el estiaje y aguas medias.

La carrera diurna de marea decrece en el sentido ascendente de la ría en la forma que los siguientes números, términos medios, expresan:

Carreras de marea entre Sevilla y Alcalá del Río

En Sevilla	2,05 m.
En La Algaba	1,25 »
En Alcalá del Río	0,40 »
En Cantillana	0,00 »

El tiempo que tarda la marea en llegar de Sevilla a Alcalá del Río es, en circunstancias ordinarias, de unas cinco horas. Influye en la velocidad de propagación, principalmente la di-



rección e intensidad del viento, y en menor proporción el caudal del río.

Este caudal influye mucho, sin embargo, en la carrera de marea. Tanto que en las crecidas ordinarias deja de ser sensible aun en Sevilla. Según observaciones de la Junta del Puerto de Sevilla, en cuanto la crecida es de 3 metros de altura sobre la baja mar pierde la preponderancia la influencia marina para cedérsela a la fluvial.



Instalaciones hidroeléctricas de la Compañía Mengemor en los ríos Guadalquivir y Guadalimar

Presa de «El Vado de las Ollas»
Río Guadalimar

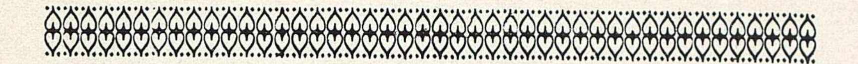




Vista interior de la Central térmica de reserva del Vado de las Ollas







III

Idea general del proyecto

En el presente capítulo daremos una idea general de nuestro proyecto. Serán estas líneas algo así como la vulgarización de nuestro trabajo, y están dirigidas a las personas no peritas a quienes interese conocerlo. Prescindiremos de los cálculos o fundamentos científicos que justifican nuestra solución.

1. La canalización con presas movibles, unida a los aprovechamientos de energía, es el único medio para hacer navegable el Guadalquivir.

Sistema de mejorar los ríos para hacerlos navegables.

La canalización y la regularización son reconocidamente los dos sistemas de mayor valor. Junto a éstos, y con mucha menor representación, figuran en la lista, completándola, los dragados, embalses y el de canal lateral al río.

Para la comparación de conjunto son interesantes los siguientes hechos que cita el ingeniero americano W. Harts (1): «En general la canalización ocupa el primer lugar; actualmente se emplea más que todos los otros métodos juntos. Ahora se emprenden pocas obras de regularización; en nuestro país no

(1) XII Congreso de Navegación, Filadelfia, 1912.—Sección de Navegación interior.



hay actualmente canal lateral alguno en vías de ejecución. En Francia, excepto el Ródano (1) y el Loira, casi todos los ríos mejorados están canalizados. En Alemania, cuya red de corrientes libres es cinco veces la canalizada, y en donde la regularización tiene los mejores fundamentos, se han emprendido muy pocos trabajos nuevos de regularización desde 1875. En Bélgica los ríos canalizados tienen una longitud cuatro veces los de corriente libre.»

«Parece que las tendencias actuales dan la preferencia a la canalización.»

Tales tendencias tienen que marcarse aún más a medida que vaya cristalizando en obras ejecutadas la idea de complementar la canalización con el aprovechamiento hidroeléctrico de los saltos.

Conclusiones. Ahorramos al lector el análisis detallado de los distintos sistemas de mejorar los ríos, supuesto que se aplicarán al Guadalquivir, y nos limitamos a transcribir las conclusiones que justificamos en la Memoria de nuestro proyecto. Son las siguientes:

1.ª *Que las condiciones naturales del Guadalquivir (estado de formación de su cauce, estiajes, grandes avenidas y fuerte pendiente) impiden terminantemente el empleo de los métodos de regularización, dragados y grandes embalses, aislados o combinados entre sí, para hacerle navegable.*

2.ª *El canal lateral es muy costoso de construcción y de conservación. El tráfico probable sería insuficiente en muchos años para justificar la obra.*

3.ª *La canalización sola es muy adecuada a las características naturales del río, pero también muy costosa para el tráfico inicial a prever.*

---

(1) Con posterioridad a la presentación de nuestro proyecto, ha surgido en Francia la idea de canalizar el Ródano en igual forma o muy análoga a la propuesta para el Guadalquivir. Ahora parece que se trata de generalizar el mismo sistema, aplicándole al Rhin en gran escala.

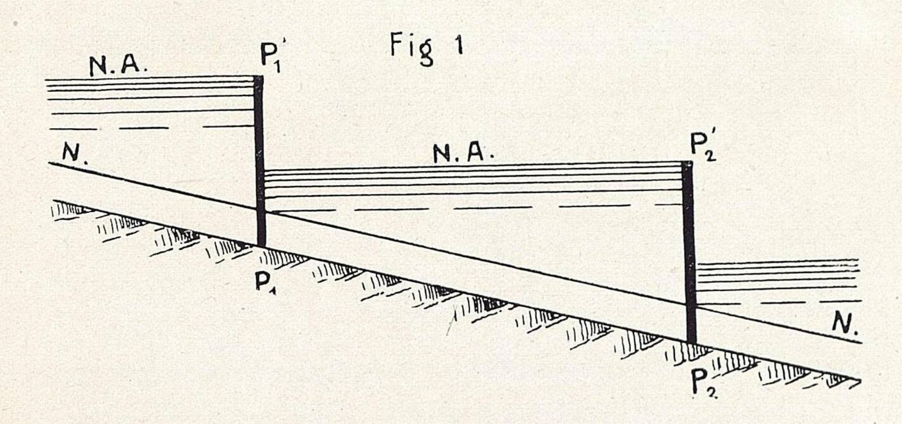


4.ª *Solamente la canalización unida a los aprovechamientos de la energía del río es solución ventajosa y posible desde los puntos de vista técnico y económico.*

2. Idea general del proyecto.

Elementos esenciales de la canalización. Presas, esclusas y centrales.

Las condiciones de que carece el Guadalquivir para la navegación se le pueden dar artificialmente reemplazando su nivel natural N. N. (fig. 1), que es una línea continua, y, como hemos dicho, de muy variable posición, según las distintas épocas del año, por otro nivel artificial N. A. escalonado y fijo conseguido mediante una serie de presas P_1 P_1, P_2 P_2. De esta suerte el nivel del río, que variaba sin más ley que los caprichos de la naturaleza, queda sujeto a nuestra voluntad. Y bastará que al construir las presas combinemos la altura de cada una y su distancia a las inmediatas para que el nivel mínimo en cada



embalse sea el que queramos; simultáneamente se habrá rebajado la velocidad del agua, pues ésta se halla repartida en mayor sección.

Pero no todas han de ser ventajas las de las presas: al sustituir la línea continua del nivel por otra escalonada, hemos



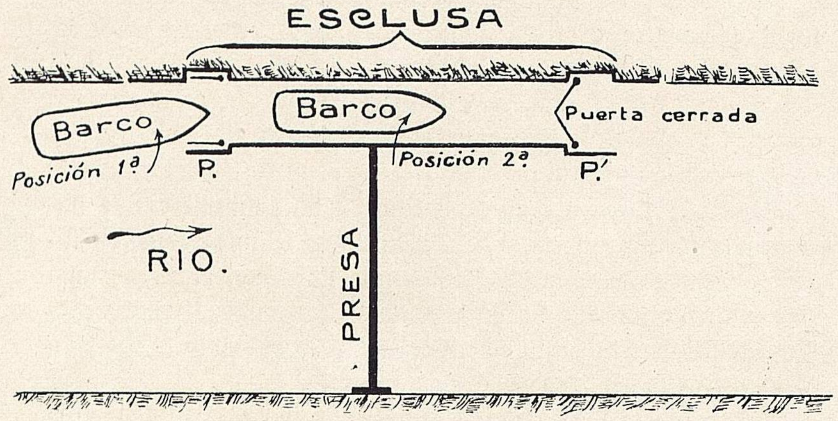


Fig. 2.— El barco entrando en la esclusa.

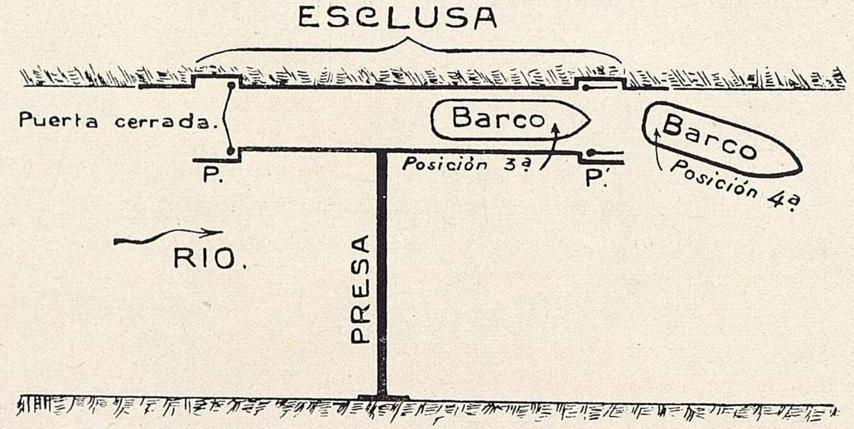


Fig. 3.— El barco saliendo de la esclusa

creado una serie de obstáculos a la navegación, porque un barco que navegara por un embalse, ¿cómo podrá pasar al superior o al inferior de los que lo separan los escalones de las presas contiguas? El arte nos da un recurso: la esclusa. La esclusa es

un recipiente rectangular que recibe el barco o los barcos que deben pasar el escalón y con dos puertas en sus extremos: la una en comunicación con el nivel superior del escalón y la otra con el interior. Para que un barco baje, por ejemplo, el escalón, se cierra la puerta P_1 y se abre la P (fig. 2), con lo que el nivel en la esclusa será el mismo que el superior de la represada y el barco entrará en la esclusa sin dificultad. Después se cerrará la puerta P y se abrirá la P_1, con lo que la embarcación puede salir de la esclusa y continuar su navegación hasta que encuentre otra presa, donde se repite la misma operación. Y análoga es la de remontar el río, sino que entonces el orden de abrir y cerrar las puertas es inverso.

Por modo tan ingenioso y sencillo se logra salvar las presas; de sus ventajas da idea, mejor que el más minucioso análisis, el decir que tal sistema goza del prestigio de más de cuatro siglos de constante uso.

Con sólo estos dos elementos, el sistema de presas escalonado y las esclusas en cada una de ellas, conseguiríamos la navegación en el Guadalquivir, como se ha conseguido en tantos otros ríos. Pero limitándolos a ellos, la vía fluvial nacería agobiada por las cargas del gran coste inicial de las obras. Sin embargo, hay recursos en la propia obra para aliviarla de este peso, temible sobre todo durante su infancia. Fíjese, en efecto, la atención en las consecuencias del establecimiento de las presas. La marcha de las aguas no será alocada y turbulenta como en su estado natural, sino que se deslizará mansa y lentamente por los embalses y se despeñará en artificial cascada al llegar a las presas. Sin propósito decidido hemos creado una serie de saltos, uno en cada presa; aprovechémoslos: el caudal que habría de verter inútil, que entregue su energía entre los álabes de una turbina. Y de este modo habremos conseguido, no ya solamente la canalización del río, sino el más completo aprovechamiento de su energía que pudiera imaginarse. Así la obra que, reducida a la canalización, habría de arrastrar una infan-



cia de trampas y de tropiezos, con el completo aprovechamiento de la energía tendrá un sólido sostén económico. Porque, dado el gran caudal del Guadalquivir entre Córdoba y Sevilla y la gran pendiente del río, la energía utilizable tiene considerable importancia. Véase concretada en el cuadro número 2.

Las presas.-Imposibilidad del establecimiento de presas fijas en la zona inferior del Guadalquivir para canalizarlo.

Las presas fijas presentan los siguientes inconvenientes que las hacen completamente inadecuadas a la canalización de la zona inferior del Guadalquivir:

1.º El Guadalquivir, con sus crecidas enormes y sus arrastres sólidos, impide el establecimiento de presas fijas de más

Cuadro núm. 2.

Energía hidráulica utilizable

Número de la central	EMPLAZAMIENTO	Caudal normal utilizado en m³: s.	Salto máximo en m.	Potencia máxima en HP. (1)	Trabajo hidráulico utilizable en kw × h. (2)
1	Alcalá del Río	90,00	8,00	6.400	19.713.024
2	Cantillana	»	5,25	3.915	11.870.502
3	Alcolea del Río	»	5,75	4.797	14.731.776
4	Peña de la Sal	»	8,00	6.858	21.196.800
5	Lora del Río	»	11,50	9.747	30.099.456
6	Peñaflor	»	6,50	5.418	15.473.664
7	Palma del Río	60,00	5,75	3.300	11.870.208
8	Posadas	»	8,25	4.800	17.381.376
9	Guadiato	»	9,75	5.550	20.136.960
10	Villarrubia	»	9,25	5.190	18.462.412
11	Córdoba	»	10,00	5.850	20.560.896
		Sumas		61.825	201.497.074

OBSERVACIONES:

(1) Estas potencias se han deducido teniendo en cuenta las pérdidas del motor hidráulico (Rendimiento supuesto = 0,75).

(2) Descontadas las pérdidas debidas a la oscilación de las potencias instantáneas, apreciadas con un factor de carga de 0,75. Este trabajo se refiere a un año medio.



de 2 a 2,50 metros de altura. Se puede aumentar el desagüe hidráulico aumentando las longitudes de las presas, pero el coste crece proporcionalmente, y, sobre todo, aumenta el peligro de que el río se abra en sus crecidas nuevos cauces.

2.º Los embalses se llegarían a cegar casi por completo con los arrastres sólidos; la navegación perdería el calado necesario, y al elevarse el lecho del río aumentaría la altura de las crecidas y sobrevendría acaso el rompimiento de nuevos cauces.

3.º No serían regulares los niveles de los embalses.

4.º Las obras de canalización y de aprovechamientos no ofrecerían seguridad, garantía de duración, ni economía de establecimiento y de explotación.

Necesidad de las presas movibles. Sus ventajas generales.

Estos inconvenientes se salvan con las presas movibles. Las presas movibles se componen, como es bien sabido, en esencia, de una solera general que transmite al suelo los empujes del agua y de una parte movible; muchas veces tiene, además, apoyos intermedios para subdividir la longitud de la presa en vanos; estos apoyos son unas veces fijos y otras son también movibles.

Las partes movibles se quitan en las crecidas para dejarlas paso libre. Todos los inconvenientes de las presas de fábrica arrancan de la fijeza del obstáculo opuesto a las crecidas. Al eliminar la causa desaparecen los efectos; no se producirá sobre elevación del nivel de crecidas ni aterramientos de los embalses; además la movilidad de la pantalla podrá utilizarse para regular el nivel de los embalses y mantenerlo invariable, cualquiera que sea el caudal aportado por el río.

Las presas proyectadas.

Entre la infinidad de sistemas de presas movibles hemos preferido las de grandes compuertas Stoney.

Para comprender lo que es una de estas presas basta imaginarse un verdadero puente metálico sobre pilas de fábrica cruzando el río en el emplazamiento elegido para la presa. Procúrase elegir éste teniendo en cuenta, entre otras consideraciones, la de que el río ocupe una posición fija allí desde tiem-



po inmemorial a ser posible, y si alguna duda pudiera tenerse acerca de la fijeza del cauce se proyectarán en la sección transversal correspondiente, en toda su longitud y a través del valle, las obras necesarias para estar bien seguros de que en las crecidas más extraordinarias, y aun cuando el nivel se eleve a la máxima altura conocida en aquel punto, el eje principal del río pasará por entre las pilas de dicho puente como hasta ahora han venido pasando por los puentes del ferrocarril ya establecidos. Por esta razón, en algunos emplazamientos será preciso prolongar los estribos de la presa construyendo verdaderos malecones que corten el valle entero transversalmente, enrasados a una cota uno o dos metros superior a la de las avenidas más altas que puedan racionalmente preveerse. Es preciso estar seguros de que la sección de desagüe en todo el transversal del río en cada emplazamiento es suficiente y no ha de producirse un resalto de más de unos centímetros en el nivel superior del agua, arriba del mismo, en el momento de la crecida máxima.

Siendo esto así, ya podemos imaginarnos construídos los once puentes entre Córdoba y Sevilla en los mismos emplazamientos que han de corresponder a las once contrahuellas de los peldaños de la escalera hidráulica en que se va a convertir el río. Ni estos puentes constituirán una barrera u obstáculo que pueda influir en el curso del río, ni el río deberá causar grandes daños en obras que no se oponen sensiblemente a su paso.

La experiencia que nos dan los puentes del ferrocarril ya construídos nos afirma en esa idea. Venimos empleando de propósito la palabra puente al referirnos a nuestras presas, y debemos advertir que en nuestro propósito entra el que sirvan también como tal. La mayor necesidad sentida en la zona del Guadalquivir es, sin género de duda, las comunicaciones entre una y otra margen. En la actualidad solamente existen dos puentes construídos para carretera en los 190 kilómetros de río entre Córdoba y Sevilla. Esto basta para que no insistamos en el tema.

Nuestro proyecto resuelve el problema de dejar establecidos, sin aumento sensible de coste para las obras, once puentes de comunicación igualmente espaciados. Las pilas de las presas servirán de apoyo, no tan sólo al puente de maniobra de las compuertas, sino también a otro inferior para el público.

Quedamos en que durante el período de duración de una crecida extraordinaria no habrá en el río presa alguna. La navegación quedará suspendida. El aprovechamiento de la energía será nulo, pues tampoco se crea salto o escalón en ningún sitio. Excepto en los pasos que nos ocupan, el río quedará en libertad para adaptarse a las variadas condiciones del régimen hidráulico y de arrastres de cada gran crecida.

Esto sucederá muy pocos días cada año. Solamente cuando el nivel natural se eleve más de cuatro o cinco metros sobre el ordinario.

Fuera de estos cortos períodos de tiempo, las presas entran en funciones para dar al río las condiciones de navegabilidad que no tiene y para el aprovechamiento de su energía. ¿De qué manera? Para ello es preciso imaginarse suspendido de los tableros del puente sendas compuertas rectangulares capaces de ir cerrando los vanos entre pila y pila a medida que el caudal del río disminuye, y manteniéndose así, de modo artificial, la serie de embalses escalonados que anteriormente hemos descrito, al propio tiempo que se crean los saltos que proporcionan la energía. (Véase la figura 1 anterior). Solamente habrá un tramo en la zona comprendida entre Peñaflor y Lora del Río, en que proyectamos un corto recorrido con canal lateral, sacando partido de las especiales condiciones del curso del río en dicha sección, que permite establecerlo en condiciones de mayor seguridad y economía para las obras.

Las esclusas. Sus dimensiones.

Todas las esclusas proyectadas tienen las mismas dimensiones, como consecuencia de su situación en serie, pues todas deben permitir el paso a los mismos barcos que naveguen entre Córdoba y Sevilla, extremos de la canalización.



Se refieren estas dimensiones de las esclusas a las que afectan a la navegación. La anchura es la distancia libre entre los muros laterales de las cabezas; longitud, la útil del cuenco, o sea la distancia entre el intradós del muro de caída de la cabeza superior en su clave y el origen de la cabeza de aguas abajo. El calado lo medimos sobre los batientes de las puertas en las cabezas.

Los valores numéricos de estas dimensiones son consecuencia de los fijados para el mayor barco navegable, aumentados en los huelgos necesarios para poder hacer la maniobra rápida, fácilmente y sin peligros. En el capítulo X del proyecto justificamos la forma y dimensiones del barco máximo, fijando éstas en 53 m. de longitud (eslora), 7,50 m. de anchura (manga) y 1 m. de calado ampliable a 1,50 m.

Así hemos adoptado las siguientes dimensiones útiles para las esclusas; longitud, 54 m.; anchura, 8 m., y calado mínimo, 2 metros.

Centrales hidroeléctricas.

Las centrales hidroeléctricas están en relación inmediata con los dos niveles del salto, de modo que puede decirse que constituyen parte de la presa. Esta distribución es general para las instalaciones que proyectamos; únicamente la número 5 hace excepción; la central está enlazada a la presa por un canal lateral al río.

Puentes de comunicación

Siendo necesario para las presas de compuertas la construcción en el lecho del río de una serie de pilas, pueden al mismo tiempo utilizarse de apoyos para el establecimiento de puentes. Estas obras son necesarias. En la actualidad sólo hay dos puentes, como queda dicho, construídos entre Córdoba y Sevilla, que son el de Córdoba, para la carretera general de Andalucía (Madrid-Cádiz), y el de Palma del Río, que enlaza el pueblo con la estación del ferrocarril.

Los pueblos de la margen derecha están sin comunicación con los de la izquierda. Tienen que recurrir al paso del río en barcas. Todos los pueblos ribereños han demandado constante-



Cuadro núm. 3

ELEMENTOS PRINCIPALES DE LAS OBRAS

Número de la instalación	EMPLAZAMIENTO	PRESAS — Cotas del agua — Niveles naturales — Estiaje medio	Máximas avenidas	Embalses — El producido	El inferior inmediato	Salto máximo	Altura embalse	Longitud de la presa — Núm. de vanos	Longitud total	Cota de la coronación de la solera	Cotas de las pilas — Coronación	Apoyo del puente de comunicación	Tajamares — Aguas arriba	Aguas abajo	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS — Canal de entrada — Cotas de la solera	Anchura en la solera	Pilas — Entre ejes	Anchura	Compuertas de las cámaras — Anchura	Altura	Canal de salida — Cota de la solera	Anchura en la solera	ESCLUSAS — Cotas de la obra — Coronación de los muros	Solera — Cabeza superior — Solera	Umbral	Cuenco	Cabeza inferior — Solera	Umbral	Canales de acceso — A. arriba	A. abajo	PUENTES DE COMUNICACIÓN — Cotas del puente — Arranque de la bóveda	Rasante	MALECONES — Cota de coronación
1	Alcalá del Río	2.00	12.75	10.00	2.00	8.00	8.50	8	148.00	1.50	23.50	13.75	14.50	5.50	4.00	30.00	10.00	1.50	8.00	4.00	–1.00	28.00	11.00	6.75	7.00	0.00	–0.25	0.00	7.00	0.00	13.75	16.35	16.34
2	Cantillana	10.00	19.80	15.25	10.00	5.25	5.75	8	148.00	9.50	27.80	20.80	20.80	13.00	9.25	30.00	10.00	1.50	8.00	4.00	7.00	28.00	16.25	12.00	12.25	8.00	7.75	8.00	12.25	8.00	20.80	23.40	22.55
3	Alcolea del Río	14.75	26.36	21.00	15.25	5.75	6.75	9	166.50	14.25	35.36	27.36	27.36	17.75	15.00	30.00	10.00	1.50	8.00	4.00	12.25	28.00	22.00	17.75	18.00	13.25	13.00	13.25	18.00	13.25	27.36	29.96	28.35
4	Peña de la Sal	20.45	30.35	29.00	21.00	8.00	9.00	9	166.50	20.00	41.60	31.35	31.35	24.00	23.00	30.00	10.00	1.50	8.00	4.00	18.00	28.00	30.00	25.75	26.00	19.00	18.75	19.00	26.00	19.00	31.35	33.95	32.55
5	Lora del Río: Presa	32.60	42.60	40.50	29.00	7.90	8.50	9	166.50	32.00	53.35	43.60	43.60	35.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Central y esclusa	28.50	38.50	—	29.00	11.50	—	—	—	—	—	—	—	—	34.50	30.00	10.00	1.50	8.00	4.00	26.00	28.00	41.00	37.04	37.20	27.00	26.75	27.00	37.50	27.00	43.60	46.20	44.75
6	Peñaflor	40.00	50.00	47.00	40.50	6.50	7.50	8	148.00	39.50	59.75	51.00	51.00	43.50	41.00	30.00	10.00	1.50	8.00	4.00	38.50	28.00	43.00	43.75	44.00	38.50	38.25	38.50	44.00	38.50	51.00	53.60	53.43
7	Palma del Río	46.50	56.26	52.75	47.00	5.75	6.75	7	129.50	46.00	65.26	57.26	57.26	50.00	46.75	24.00	8.00	1.50	6.00	3.50	44.00	20.00	53.75	49.50	49.75	45.00	44.75	45.00	49.75	45.00	57.26	59.86	58.69
8	Posadas	52.25	62.17	61.00	52.75	8.25	9.25	6	111.00	51.75	74.17	63.67	63.67	55.75	55.00	24.00	8.00	1.50	6.00	3.50	49.75	20.00	62.00	57.75	58.00	50.75	50.50	50.75	58.00	50.75	63.27	66.27	65.78
9	Guadiato	60.70	70.55	70.75	61.00	9.75	10.50	6	111.00	60.25	83.80	72.05	72.05	64.00	64.75	24.00	8.00	1.50	6.00	3.50	58.00	20.00	71.75	67.50	67.75	59.00	58.95	59.00	67.75	59.00	72.05	74.65	73.44
10	Villarrubia	70.60	80.47	80.00	70.75	9.25	10.00	6	111.00	70.00	93.22	81.97	81.97	74.10	74.00	24.00	8.00	1.50	6.00	3.50	67.75	20.00	81.00	76.75	77.00	68.75	68.50	68.75	77.00	68.75	81.97	84.57	83.80
11	Córdoba	79.50	90.96	90.00	80.00	10.00	10.50	6	111.00	79.50	104.21	91.96	91.96	83.00	84.00	24.00	8.00	1.50	6.00	3.50	77.00	20.00	91.00	86.75	87.00	78.00	77.75	78.00	87.00	78.00	91.96	94.56	94.37

OBSERVACIONES

PRESAS (M)

- Luz de los vanos 15,00
- Anchura de las pilas 3,50
- Solera. Anchura en la base 20,20

ESCLUSAS (M)

Dimensiones útiles:
- Longitud 54,00
- Anchura 8,00
- Profundidad:
  - En la cabeza superior . 3,00
  - En el cuenco 2,00
  - En la cabeza inferior . 2,00

PUENTES DE COMUNICACIÓN (M)

Sección transversal:
- Anchura de la superficie de rodadura . . 4,50
- Id. de las dos aceras = 2 × 0,75 . . 1,50
- Id. total 6,00

- Espesor de la bóveda en la clave 0,80
- Id. del firme en la íd. 0,30
- Flecha de las bóvedas 1,50

MALECONES

$C = M + r + 0{,}11\, v^2 + 0{,}50$

- C = Cota de coronación.
- M = Id. de máximas avenidas.
- r = Resalto producido por la presa.
- v = Velocidad media en máximas avenidas.

(Las dimensiones son metros.)




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

mente el establecimiento de puentes de comunicación. Estas obras, tan necesarias, no se han ejecutado ya porque la gran profundidad del firme y su longitud y anchura considerables los encarecen extraordinariamente. A pesar del gran coste, y ante inaplazables necesidades, se ha comenzado la construcción de sendos puentes en Lora y en La Algaba. Hay otros también en proyecto, y entre ellos, que nosotros sepamos, en Villafranca y en Posadas. La mejor prueba de la necesidad de estas obras está en el propósito de los pueblos interesados de contribuir al coste de su ejecución.

Las pilas de las presas que proyectamos han de cimentarse sobre la roca y tendrán una altura superior a la que exige el puente. Basta ordenar como convenga los elementos de las instalaciones y preparar las pilas con forma adecuada para recibir el firme. Así los aprovechamientos hidroeléctricos y de comunicación fluvial que proponemos pueden llenar también esta necesidad pública tan intensa y largamente sentida.

Malecones de defensa y de comunicación.

La obra de fábrica de los estribos de cada presa se prolonga transversalmente al valle por malecones de tierra.

Tienen por objeto fijar definitivamente la posición del cauce en los emplazamientos de las presas y defender las obras de los efectos destructores de las riadas en su unión con las márgenes, y especialmente aquellas que estén por debajo de las avenidas máximas.

Aparte de esto, servirán también de acceso a los puentes, y como se coronan de modo que no sean inundables, se podrá tener un camino utilizable en todo tiempo a través de las vegas.

Tendrán, por último, la ventaja de originar con lenta labor una sobreelevación paulatina de éstas, con los sedimentos que las crecidas depositarán, contribuyendo a la rápida formación del futuro cauce del río, cuyo lecho acabará teniendo márgenes de altura superior a la actual.

Elementos principales de las obras.

En el cuadro adjunto reunimos los elementos principales de las obras proyectadas.



3. Explotación de las obras.

A.—Energía hidráulica aprovechable.

El resumen de nuestro estudio sobre la energía hidráulica aprovechable en los once saltos está concretado en el cuadro número 4.

B.—Explotación de la vía navegable.

Sistemas usados.

Los sistemas de explotación de las vías navegables interiores se pueden clasificar en dos grandes grupos, atendiendo a la situación del motor: uno en que la potencia se ejerce desde la orilla (sirga), y el otro cuando el motor navega en el agua misma.

La sirga puede realizarse con fuerza animal o mecánica. En el último caso el motor puede ser una unidad móvil o establecerse un cable o cadena que se mueve paralelamente al río, como cadena sin fin, y al cual se une el barco por un cabo.

Cuando el motor es navegable, la explotación puede establecerse reuniendo en el mismo barco el motor y la carga o separándolos.

Inconvenientes de la sirga.

Sea la unidad móvil, animal o mecánica, es preciso el establecimiento de caminos de sirga. Los inconvenientes que, en general, presenta el sistema para la navegación en ríos, los expresa así F. Thiéle (1):

«La sirga en los ríos es inoportuna, pues el camino que debe encontrarse lo más próximo posible al de navegación está expuesto a la degradación producida por las aguas altas. Cuando se empleen máquinas de tracción sobre el camino de sirga, es preciso que la superficie de éste se halle en extraordinario buen estado, de suerte que su conservación, después de frecuentes accidentes por las avenidas, ocasionaría grandes gastos y frecuentes interrupciones del tráfico.»

(1) X Congreso Internacional de Navegación.—Milán, 1905.



Cuadro núm. 4

ENERGÍA HIDRÁULICA UTILIZABLE

Núm. de la Central.	EMPLAZAMIENTO	CAUDALES UTILIZABLES en m³: s					SALTOS EN M.					POTENCIAS UTILIZABLES EN H. P.						Trabajo hidráulico utilizable en kw × hora.
		3 meses.	Caudal normal utilizado	6 meses.	9 meses.	Estiaje medio 12 meses.	3 meses.	5 meses.	6 meses.	9 meses.	Máximo 12 meses.	Máxima.	Duración de la potencia máxima.	5 meses.	6 meses.	9 meses.	12 meses.	
1	Alcalá del Río.	1.50	90	60	15	9.0	6.65	7.15	7.30	7.70	8.00	6.400	4 meses.	5.100	3.800	1.000	697	19.713.024
2	Cantillana.	1.50	90	60	15	9.0	3.90	4.40	4.55	4.95	5.25	3.915	3.7 »	2.640	2.080	450	450	11.870.502
3	Alcolea del Río	1.50	90	60	15	9.0	4.90	5.35	5.55	5.75	5.75	4.797	4 »	3.800	2.800	720	517	14.731.776
4	Peña de la Sal.	1.50	90	60	15	9.0	7.20	7.65	7.85	8.00	8.00	6.858	4.3 »	5.600	4.100	1.000	720	21.196.800
5	Lora del Río.	1.50	90	60	15	9.0	10.30	10.85	11.05	11.25	11.50	9.747	4.6 »	8.600	6.000	1.450	1.012	30.099.456
6	Peñaflor	1.50	90	60	15	9.0	5.55	6.03	6.30	6.50	6.50	5.418	4 »	4.400	3.200	720	585	15.473.664
7	Palma del Río.	93	60	40	19	6.8	5.15	5.50	5.70	5.75	5.75	3.300	4.7 »	2.950	2 240	1.100	1.100	11.870 208
8	Posadas	93	60	40	19	6.8	7.65	8.00	8.20	8.25	8.25	4.800	4.9 »	4.440	3 200	1.570	1.570	17.381.376
9	Guadiato.	93	60	40	19	6.8	8.95	9.25	9.45	9.75	9.75	5.550	4.9 »	4.800	3.600	1.852	1 852	20.136.960
10	Villarrubia	93	60	40	19	6.8	8.30	8.65	8.85	9.15	9.15	5.190	4 8 »	4.500	3.400	1.720	740	18.462.412
11	Córdoba	93	60	40	19	6.8	9.40	9.75	9.95	10.00	10.00	5.850	4.9 »	5.300	3.960	1.800	800	20.560.896
											Sumas.	61.825		52.130	38.380	13.382	10.043	201.497.074




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Estos defectos los habrían de presentar en grado sumo los caminos de sirga del Guadalquivir. Por la oportunidad del momento transcribiremos nuevamente los que señalaba Otero en su proyecto de canalización del Guadalquivir, recogidos ya en otra parte del presente trabajo: «Habrá dificultades para establecer los caminos de sirga y sirgaderos y no podrán tenerse al pronto sino con mucha imperfección; es casi imposible llevarlos siempre por una margen, y para establecerlos en algunos parajes hay que empeñarse en muchos gastos, sin tener la posibilidad de darles la altura conveniente. De cualquier manera, es preciso contar que han de ser sumergibles en las avenidas, y lo mismo se ha de entender respecto a las esclusas, trabas y algunos diques; lo más que puede exigirse de estas obras, atendida la gran altura de las aguas extraordinarias, es que sirvan en aguas altas; pero tan pronto como el nivel se levante sobre ellos la navegación debe cesar, quedando las obras sumergidas.»

Otero tenía que transigir con estos defectos, porque no disponía de recursos mejores. Se refiere a los de sirga con tracción animal. La sirga mecánica, con locomóviles de vapor que se apoyan directamente en la superficie de rodadura, exige aún mayor esmero de conservación. También presenta agudizado este defecto la tracción (de vapor o eléctrica) sobre carriles, sino que entonces concurre una nueva circunstancia igualmente prohibitiva para nuestro caso del Guadalquivir: el gran coste de primer establecimiento (1).

La potencia suministrada desde la orilla por cable tractor o cadena, sin librarse por completo del azote de las crecidas, exige también un tráfico muy desarrollado que justifique el coste inicial (2). Que sepamos, se ha establecido este sistema únicamente

(1) Los pocos ensayos realizados de este sistema se han ejecutado en canales con mucho tráfico que justifique el gran gasto inicial.

(2) Véase la opinión de la comisión austroalemana de navegación interior expuesta en el Congreso de San Petersburgo de 1908. «Parece necesario, cuando la intensidad del tráfico aumenta, recurrir a una explotación uniforme de la tracción a fin de alcanzar el máximo de rendimiento.»



ne vías (muy frecuentadas) para salvar alguna corta sección difícil: túnel, rápido, etc.

Así, pues, queda descartado para el caso del Guadalquivir cualquier sistema de explotación en que la potencia motora se tome de la orilla.

Ventajas del motor navegable.

El defecto cardinal del sistema de sirga es que las partes fijas de la obra están sujetas a los daños de las crecidas. Si la sirga se organiza mecánicamente, se suma, además, el inconveniente de inmovilizar un capital considerable en el establecimiento, sólo justificado con tráficos plenamente desarrollados.

El sistema de tomar la potencia de un motor que navegue en el mismo río, elimina ambos defectos. Las crecidas no tienen más influencia que la de interrumpir la navegación mientras duran; pero cuando las aguas vuelven a su estado normal, aunque sean aguas altas puede reanudarse la navegación regular sin que haya padecido lo más mínimo la vía.

También reúne el método la cualidad de exigir un capital mínimo de establecimiento, pues se reduce al de las unidades motoras necesarias con la precisa condición, además, de ser eminentemente flexible, porque puede intensificarse a compás del crecimiento del tráfico.

Dentro de este sistema hay dos variedades, como dijimos antes: en una el motor y la carga van reunidos en el mismo barco, y en otra se separan.

Superioridad económica de la explotación con trenes de barcazas remolcadas.

Estas variedades suelen coexistir en la misma vía. El transporte con arreglo a la primera, en barcos automotores de carga, es más rápido, pero más caro. Por eso se aplica únicamente a las mercancías de elevado precio que pueden soportarlo.

Los trenes de barcazas de carga arrastrados por un remolcador es el modo, en general, dominante en la explotación de las vías navegables, y particularmente de los ríos. Es el más económico y esto explica su preferencia. Y para justificarlo, mejor que extendernos con consideraciones detalladas, trans-



cribiremos a continuación un resumen del número de barcos motores de Alemania y Francia, distinguiéndolos en categorías con arreglo a su objeto y a la naturaleza del motor.

Cuadro núm. 5.

Barcos motores de Alemania y Francia en el año 1907.

PAISES	Barcos de viajeros		Barcos de carga			Remolcadores		Tractores	
	Número	Potencia HP.	Núm.	Capacidad útil T	Potencia HP.	Núm.	Potencia HP.	Núm.	Potencia HP.
Alemania									
Motor de vapor	719	92.712	270	53.191	38.444	1.529	335.017	45	7.561
Id. de gas (bencina, etc.)...	344	3.345	325	8 303	2.571	22	196	—	—
Id. eléctrico.	4	18	44	8.631	360	1	25	—	—
Totales.....	1.067	96 075	639	70.125	41.375	1.552	335 238	45	7 561
Francia (1)									
Motor de vapor	165	19.479	93	23 402	11.731	282	40.696	53	5 260
Id. varios.....	4		10			2		—	—
Totales.....	170	19.479	103	23.402	11.731	284	40.696	53	5.260

(1) En la estadística oficial francesa se incluyen además 610 barcos de 77.000 HP. y 33.500 toneladas, clasificadas como "barcos de comercio".

Como puede verse por los datos anteriores, en Alemania hay 2,5 veces más remolcadores que barcos automotores de carga, y por las potencias están en la relación triple de la anterior, es decir, de 8 a 1.

En Francia existe el mismo predominio, aunque no tan nización de los transportes mixtos por vía fluvial y ferrocarril y sobre los puertos fluviales.



marcado, del remolcador sobre el barco automotor de carga (1).

Sin desconocer, pues, las variantes del sistema, en lo que sigue nos vamos a referir principalmente al método usual de los trenes formados con barcazas de carga y una unidad motora. A continuación estudiamos sucesivamente ambas clases de vehículos.

Desplazamiento de los barcos de carga.

Los barcos que se proponen desplazan con 1,50 de calado, 525 ts., y con 1 m., el inicial de la vía será de 350 ts.

La admisión de las esclusas de 525 ts., es doble del desplazamiento medio de las barcas francesas y alemanas, que para ambos países es de unas 250 ts. Es también superior a las capacidades dominantes en estos países.

La carga útil con el desplazamiento máximo podrá ser de unas 450 ts.

Características del remolcador.

El motor de vapor es el más empleado en la navegación interior. No necesitamos recordar aquí sus ventajas económicas y técnicas que, hoy por hoy, justifican la preferencia. Así en Alemania, de la potencia total de los remolcadores, unos 335.238 HP., 335.017 está engendrada por vapor, es decir, un 99,93 por 100, o sea, prácticamente, el conjunto. En Francia también domina con enorme superioridad el motor de vapor.

Las características del remolcador que proyectamos son:

Potencia indicada del motor................	200	HP.
Desplazamiento del barco con 15 ts. de carbón.	100	ts.
Calado......................................	1	m.
Eslora......................................	29	m.
Manga.......................................	5,80	m.

(1) Haremos observar que los datos contenidos en el cuadro anterior no deben tomarse al pie de la letra; muchos barcos de viajeros admiten también carga; otras veces los barcos de carga se utilizan como remolcadores. La clasificación es a veces difícil.



La duración del viaje de un tren de barcazas se compone del tiempo empleado en la navegación propiamente y del invertido en las esclusadas.

Duración de un viaje entre Córdoba y Sevilla.

La velocidad ordinaria de navegación de los trenes de barcazas es próximamente de unos 5 kilómetros por hora. Claro que es diferente al remontar el río que al bajarlo. Pero la diferencia es pequeña, porque en una gran longitud de embalse la velocidad del agua es ordinariamente reducidísima; en todo caso aquella velocidad puede tomarse como media al remontar el río. A esta velocidad tardará en cubrirse los 200 kilómetros de distancia por el río, entre Córdoba y Sevilla:

$$t_1 = \frac{200}{5} = 40 \text{ horas.}$$

Para esclusar un tren de barcazas tendrán que pasar por el cuenco sucesivamente cada una de las unidades.

Contando a razón de 15 minutos por unidad, lo cual es prudente, suponiendo que el tren de barcazas se componga de dos de éstas y un remolcador, se tardará, en total, tres cuartos de hora en que un tren pase una esclusa.

Por este motivo se aumenta la duración del viaje al pasar las once esclusas en

$$t_2 = 11 \times \frac{3}{4} \text{ horas} = 8{,}2 \text{ horas,}$$

resultando así un total para el conjunto del viaje de Córdoba a Sevilla, teniendo, además, en cuenta posibles pérdidas de tiempo

$$T = t_1 + t_2 + t_3 = 40 + 8{,}2 + 1{,}8 = 50 \text{ horas.}$$

Transportes mixtos y puertos fluviales.

Para terminar este ligero estudio sobre la explotación de la vía navegable deseamos decir algunas palabras sobre la organización de transportes mixtos y puertos fluviales.



La índole del asunto se sale propiamente de nuestro proyecto, y más si se tiene presente la forma en que se solicita la concesión de la obra.

Por eso nos limitaremos a ponderar la importancia del enlace de la vía que se proyecta con los medios que ahora se utilizan. Porque, como decía M. Máximoff (1); «la existencia de una buena vía de comunicación aislada no es suficiente: debe estar relacionada fácil y directamente con otros medios de transporte».

Las Compañías de ferrocarril han creído ver un enemigo poderoso en la vía fluvial. Pero la reacción ha comenzado a manifestarse. El mismo M. Máximoff cita el hecho de que «en los últimos tiempos algunas Compañías de ferrocarriles y Sociedades de navegación se han puesto de acuerdo para organizar diversos transportes mixtos».

M. Captier, en el mismo Congreso, expresaba esta opinión, documentada con resultados de la experiencia: «La organización de transportes mixtos, no sólo favorece el tráfico general, sino también el ferroviario, aliviándole de la parte menos remuneradora de su tráfico y favoreciendo el desarrollo de las otras.»

Por último, el Congreso en masa, reconociendo la importancia de una buena organización de los transportes mixtos, votó las siguientes conclusiones:

«Considerando:

a) Que siendo los puertos fluviales anejos indispensables a las vías navegables, como lo son las estaciones a los ferrocarriles.

b) Que la navegación marítima de cabotaje pequeño puede encontrar un medio de desarrollarse favorablemente creando numerosos puertos a lo largo de la costa; y

c) Que el cabotaje fluvial es una continuación hacia el interior del marítimo, y que los dos medios de tráfico, por agua y

(1) Congreso de Navegación de Milán, 1905.



carril, forman un elemento indispensable a la economía general de un país.

Emite el voto:

I. Que los Gobiernos se preocupen de la construcción de puertos de cabotaje marítimo y fluvial, creando en ellos un maquinismo modesto, pero haciendo llegar a ellos, en todos los casos, los carriles de las vías principales o secundarios.

II. Que se establezcan, instituyendo Consejos generales, tarifas y otros medios para la relación amistosa y racional entre la flota de navegación interior y las Compañías de ferrocarriles; y

III. Que se multipliquen los puntos de contacto recurriendo a toda clase de medios técnicos, administrativos y por las tarifas que puedan dar lugar a la creación del transporte mixto.»


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Central hidroeléctrica y presa de Olvera
Río Guadalimar



IV

Planes del Estado sobre riegos, su compatibilidad con nuestro proyecto, y beneficiosas influencias de éste sobre aquéllos.

A primera vista pudiera creerse que no va a ser cosa fácil obtener simultáneamente aprovechamientos tan variados del río Guadalquivir, como el de la navegación, la energía eléctrica y los riegos. Especialmente estos dos últimos parecen contradictorios y en cuanto al primero, parece también difícil de combinar con los otros dos.

Sin embargo, en este capítulo veremos con qué facilidad se concilia todo y de qué manera nuestro proyecto de canalización y aprovechamiento de energía será probablemente el que venga a realizar el milagro de apresurar la lenta ejecución de los planes del Estado en cuanto a riegos.

Plan general del Estado sobre riegos en el Guadalquivir.

Han sido varios los tomados en consideración, siendo el primer estudio serio el llevado a cabo por la Comisión técnica nombrada para este fin en 9 de Febrero de 1907, cuyo resultado se publicó en el mismo año por el Servicio Central de trabajos hidráulicos.

La zona que se proponía regar se fijó en 95.000 hectáreas, situadas todas ellas en la región inferior del Guadalquivir, de las cuales 85.000 en la margen izquierda del río desde Palma del Río hasta Lebrija.



Se proponía la construcción de los canales necesarios y para reforzar el caudal del río en estiaje, se proponía también la construcción de cinco pantanos situados, cuatro, en la región superior de la cuenca, y otro, sobre el Guadiato, que suministrarían en estiaje el caudal necesario para atender a las necesidades de la zona regable de la margen izquierda, con una capacidad total de 260 millones de metros cúbicos útiles, e igualmente se proponían otros pantanos de capacidad de 81 millones de metros cúbicos para las necesidades en la misma época de la zona regable de la otra margen.

Los pantanos de la región superior de la cuenca modificarán el régimen del río en parte de su recorrido. Reproducimos el gráfico adjunto tomado del anteproyecto redactado por la Comisión, y que le ha servido de base a sus cálculos. La línea quebrada fina representa los caudales del Guadalquivir en un año de sequía (1898), medido en Palma del Río, y las horizontales gruesas el consumo de agua para el riego de las 85.000 hectáreas de la margen izquierda en los distintos meses del año. Cuando la curva de los caudales del río está por encima de las horizontales de consumo, es que aporta aguas suficientes para los riegos; pero si sucede al contrario, y así es en los meses de Mayo a Septiembre, es preciso aumentar las aportaciones naturales del Guadalquivir con la reserva de los pantanos proyectados.

De modo que el régimen del río en el punto de arranque de los canales sería, una vez construídos los indicados embalses de la región superior de la cuenca, la más alta de las líneas de los gráficos. A partir de este punto el caudal del río disminuye en lo que absorben los riegos, y la diferencia será lo que lleve el río, a partir de aquel punto, diferencia que se fijó de tal modo que ni en los mayores estiajes descendiera de los 10 metros cúbicos por segundo a que llega a descender ahora en su régimen actual.

Este primer plan de la Comisión cuyo presupuesto en aque-



REGIMEN NATURAL DEL GUADALQUIVIR EN UN AÑO SECO (1898)

—— *Caudales absorvidos por los riegos.*

▨ *Caudales suplidos por los pantanos durante el estiage.*

M.s C.s

100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5

Enero. Febrero. Marzo. Abril. Mayo. Junio. Julio. Agosto. Septiembre. Octubre Noviembre. Diciembre.

lla fecha era de 46.500.000 pesetas, y que excedería hoy seguramente de 125.000.000, fué reducido posteriormente a otro de proporciones más modestas y más en armonía con la realidad de las cosas, y es el que se está llevando a cabo. La zona regable se redujo a 20.000 hectáreas, situadas en la margen izquierda del río. El canal arranca de Peñaflor y está casi todo él construído en la actualidad.

Las aguas habrán de desviarse por medio de una presa cuya construcción ha ofrecido serios inconvenientes y dificultades, y los está ofreciendo. La longitud del canal es de unos 80 kilómetros, y su capacidad la de 20 metros cúbicos por segundo.

Los pantanos propuestos por la Comisión desde su principio, siguen en período de estudio. Puede decirse que ni se han hecho aún los proyectos de construcción definitivos.

Huelga decir, por tanto, que si han de respetarse al río los 10 metros cúbicos que aporta en estiaje, para las necesidades de la navegación aguas abajo de Sevilla, el canal podrá utilizarse solamente, por ahora, para riegos de primavera.

Aparte de las obras que actualmente se ejecutan como resultado del plan reducido antes expuesto, se está construyendo en el Guadalmellato un pantano de 86 millones de metros cúbicos de capacidad y un canal de riego para servir una zona de 12.000 hectáreas en las proximidades de Córdoba.

Estas obras marchan ahora con alguna rapidez por haber mejorado las mezquinas consignaciones que se venían haciendo en el presupuesto, y podrán estar terminadas en breve plazo.

Fuera de lo enunciado, no sabemos de más proyectos de riegos en el Guadalquivir, que una idea de construcción de un canal de riego en la zona de Ubeda y Baeza, que exige para llevarla a la práctica la construcción del pantano del Tranco en el mismo citado río, aguas arribas de Villanueva del Arzobispo, y que se hagan los proyectos correspondientes que no están comenzados siquiera.

En resumen, se trata de crear una importante zona de rega-

dío aguas abajo de nuestra instalación número 5; otra, con aguas del Guadalmellato, en Córdoba; y una tercera en la región alta del río, a cuyo efecto, se piensa en la construcción de uno de los cinco pantanos que se comprendían en el plan de riegos de la zona baja.

Todo esto, tratándose de una zona tan rica como la que atraviesa nuestro famoso río, revela bien a las claras, la lentitud con que camina nuestra Administración y las dificultades con que, por lo visto, debe tropezar para llevar a cabo sus iniciativas.

Compatibilidad entre navegación y riegos.

Los planes que quedan expuestos, son desde luego compatibles con nuestro proyecto de canalización, y no obstante los caudales de agua que se deriven, el río será perfectamente navegable.

Basta considerar para esto, que el calado se creará artificialmente con los embalses escalonados y superpuestos de las presas de compuertas, y que, por tanto, del caudal aportado por el río, no interesa más, sino que baste para suplir las pérdidas por evaporación y el caudal que necesiten las esclusadas de los barcos al paso de las esclusas.

Estos dos sumandos son bien fáciles de calcular.

En tanto que los riegos respeten este caudal mínimo, la navegación puede vivir.

Caudal mínimo necesario para la navegación.

Concretemos en un número el valor de este caudal mínimo necesario para ésta.

Imagínese la navegación del Guadalquivir en su completo desarrollo; las barcazas pasan sin cesar por las esclusas; éstas se abren y cierran constantemente, sin otra interrupción que la que exigen las maniobras; será entonces cuando el caudal que se ponga en juego sea el mayor.

Suponiendo las esclusas del tipo y dimensiones de la que proyectamos para Alcalá del Río, resultan con una capacidad de 6.000 m.^{3}. Esta es la cantidad de agua que hay que derivar del río para cada esclusada, y que, con diez horas laborables al día, supone un caudal continuo de



$$C = \frac{6.000 \times \frac{60}{20} \times 10}{86.400} = 2{,}1 \text{ m.}^3 : \text{s}$$

suponiendo que en cada operación se emplean sólo 20 minutos, lo que es más bien escaso, pues nosotros mismos hemos podido contar 30 y hasta 60 minutos y más en las grandes esclusas.

De modo que aun en este momento de la navegación del Guadalquivir, de ya esplendorosa vida, en que la suponemos, no exigiría sino un caudal de 2,1 m.^{3} por segundo. Para darse cuenta de lo que este tráfico supone, baste decir que representa, suponiendo como antes diez horas utilizadas al día y 300 días al año, un movimiento de nueve millones de toneladas anuales, es decir, más que todo el tráfico de pequeña velocidad en la red de M. Z. A. durante el año 1917.

Otro sumando análogo a éste es el necesario para compensar las fugas de agua por las compuertas de las presas y de las esclusas. Uno de los méritos de las presas de compuertas Stoney es precisamente su impermeabilidad y la precisión de ajustes, como puede comprobarse en la de Menjíbar, de cuyas enseñanzas podemos asegurar que estas fugas son prácticamente despreciables.

Estos caudales son los que como mínimo debe tener el río para la navegación. Repetiremos que sólo se aprovechan, pero no se consumen ni derivan del lecho. Pero los embalses, además, alteran el estado natural del río y son causa de algunas pérdidas de agua, principalmente las ocasionadas por aumento de evaporación y de filtraciones de las aguas del río.

El aumento de evaporación es debido al aumento de anchura de la superficie libre del río; este ensanche es decreciente desde cada una de las presas a la inmediata de aguas arriba. Contando como si a la faja natural de agua se le añadiera otra



de 25 m. de ancho uniforme, ponemos por exceso. Suponiendo una evaporación de agua de 10 mm. de altura por día, que en los más calurosos se alcanza, resulta un aumento sobre la pérdida que por esta causa sufre ahora el río y en todo el trayecto de la canalización de 0,5 *metros cúbicos por segundo*, próximamente.

El aumento de filtraciones será probablemente poco importante, porque las márgenes son muy arcillosas, y además porque la sobreelevación media del plano de agua, de 4 metros, no es considerable. Además este agua de filtración puede asegurarse que no es perdida, sino que reaparece casi toda en tramos inferiores del río.

Resumiendo este análisis resultan las importantes consecuencias siguientes:

1.ª Que la mayor parte del agua que requiera la navegación no se consume ni sale del lecho del río; sólo una fracción, que es poco importante aun respecto al estiaje más escaso, se pierde por aumento de evaporación.

2.ª Que siendo suficiente para mantener la navegación en su mayor grado de intensidad un caudal de 2,6 metros cúbicos por segundo éste no ha de faltar, una vez que, en los planes de riego del Estado se cuenta con respetar siempre, dejándolo correr por el río, 10 metros cúbicos por segundo para las necesidades actuales de la navegación aguas abajo de Sevilla.

3.ª Que son perfectamente compatibles, por lo tanto, los planes de riego con la navegación fluvial entre Córdoba y Sevilla.

Aprovechamiento de energía y riegos.

Igualmente podemos demostrar que son compatibles los riegos con el aprovechamiento de la energía.

Prescindamos ahora del caudal que aporten los pantanos. Aun con el régimen actual del río, siempre resultará aprovechable una considerable cantidad de energía eléctrica, que en el tramo que se considera, podemos evaluar en unos 200.000.000 kilovatios-hora. (Véase cuadro número 2.) Y esto se debe a que durante gran parte del año, el caudal del río es superior al que



los riegos habrán de necesitar, y no hay razón alguna para no aprovechar una energía, siquiera sea intermitente, que completada con la que *reservas térmicas* produzcan, ha de tener un valor considerable, y una gran importancia para la economía de la región interesada.

Por otra parte, aun cuando todo el caudal pudiera utilizarse en riegos, supuesto enteramente inadmisible, por la eventualidad de estos grandes caudales, sería fácil convencerse de la conveniencia de utilizar una parte del agua en la producción de energía, con preferencia a utilizarla toda en riegos, una vez que es completamente necesario para el desarrollo de la agricultura y sus industrias derivadas, el poder disponer de energía en condiciones tan económicas como sea posible. No hay que ser en esto, por decirlo así, partidista. Somos muy dados a ello los meridionales. Hay quien espera la salvación del país, solamente de los riegos y no se ocupa de lo demás. Hay quien dedicado exclusivamente a producir energía eléctrica, lo espera todo de ella. Análogamente, alguien habla de roturación de terrenos baldíos en forma tal que si se le encomendara tal misión, no dispondríamos de pastos ni de caza.

El desarrollo de la riqueza de un país, supone un desenvolvimiento simultáneo y armónico de cuantos factores integran la riqueza misma.

En Andalucía precisamente, al lado de la riqueza agrícola, existe una considerable riqueza minera que está esperando a desenvolverse cuando disponga de energía eléctrica suficiente.

Si con cincuenta litros por segundo puede ciertamente regarse una extensión de 50 hectáreas, no es menos cierto que con los mismos 50 litros pueden producirse 50 caballos de potencia en el tramo de río Córdoba y Sevilla, y con estos 50 caballos mantener el desagüe de alguna mina que a su vez produzca muchos millones de pesetas, o dar vida a una industria de vital necesidad para la región, o bien contribuir a la electrificación de una línea de ferrocarril, abaratando e intensificando los transportes,

Decimos esto para dar una idea lo más clara posible de la importancia que tiene nuestro proyecto que permite obtener de las aguas del Guadalquivir, un aprovechamiento conjunto, y no unilateral o incompleto.

La canalización y los Pantanos.

De propósito hemos dejado para el final el tratar de la construcción posible de grandes embalses reguladores del caudal del río en la cuenca del Guadalquivir.

No necesitamos encarecer la importancia del asunto.

Ya hemos visto con qué parsimonia y dificultades se está llevando a cabo la construcción de dichos pantanos. Sólo hay uno en período de construcción, y a seguir como hasta aquí, los gastos generales e interés del capital ya invertido podrían ascender a tanto como el coste material de la obra misma.

Pues bien; creada la riqueza de los once saltos de la canalización, la construcción de los pantanos se impondrá con mayor eficacia que los intereses creados hasta el presente han logrado obtener.

El autor de este proyecto se ocupa ya en estudiar el medio de apresurar la ejecución de aquellos, y espera obtener de la Compañía Mengemor facilidades que, de no realizarse nuestro proyecto, no pensaría ofrecer al Estado.

Ahora por el contrario, el sacrificio que la Compañía se imponga, será reproductivo para ella, por el mayor caudal que obtenga en las instalaciones hidroeléctricas que proyectamos aguas arriba de la toma de riegos.

Será igualmente beneficioso para estos, y lo será para el Estado, como colector general adonde afluye directa o indirectamente la riqueza que se va creando en el país.

Es decir, conviniendo a las instalaciones hidroeléctricas la regularización del caudal del río, será una consecuencia del establecimiento de éstas, cuanto en mayor número mejor, una mayor facilidad para obtener auxilios y un nuevo estímulo para concurrir a la acción del Estado. Se trata de intereses comunes, en una palabra.



Como resumen de lo expuesto, resulta que nuestro proyectro de canalización, favorecerá considerablemente el más rápido y eficaz desarrollo de los planes del Estado en cuanto a riegos y construcción de pantanos. Es indudable, también, que la necesidad de disponibilidades de energía para diferentes industrias, crecerá a medida que el cultivo de regadío se desarrolla en la zona ribereña, por lo que bien puede afirmarse que nuestro proyecto responde a una verdadera necesidad si han de establecerse grandes zonas de riego. **Conclusiones.**





Instalaciones hidroeléctricas de la Compañía Mengemor en los ríos Guadalquivir y Guadalimar

Presa de Escuderos
Río Guadalimar



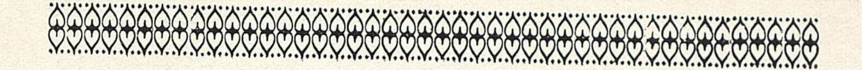
Instalaciones hidroeléctricas de la Compañía Mengemor en los ríos Guadalquivir y Guadalimar

Vista general de la Central hidroeléctrica, presa y canal de Escuderos

Río Guadalimar




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



V

Beneficiosas consecuencias de nuestro proyecto

Tres son, principalmente, las beneficiosas consecuencias directas del plan que proponemos, o, mejor, son tres los grupos de ellas: Grupos de ventajas

1.º Beneficios para el puerto de Sevilla.

2.º Beneficios por la navegación fluvial.

3.º Beneficios del aprovechamiento simultáneo de la energía.

Sevilla ocupa una situación excelente para recoger toda la corriente comercial del sur y centro de España que busca la salida del Atlántico y para encauzar y distribuir la corriente de importación de sentido contrario. Si nuestras relaciones con las repúblicas hispanoamericanas no han de ser en lo sucesivo puro platonismo, Sevilla ha de ser indiscutiblemente el puerto de paso obligado para la corriente principal del intercambio de productos que tales relaciones, fomentadas debidamente, habrán de ocasionar. Beneficios para el puerto de Sevilla.

Otro tanto puede decirse si se piensa en nuestras relaciones comerciales con la costa occidental de Africa, especialmente de nuestra zona de influencia.



A pesar de todo el tráfico, en el puerto de Sevilla sólo ha alcanzado, como puede verse en el cuadro núm. 2, durante el año de mayor tráfico (1913), un total de 1.500.000 toneladas o poco menos.

Tráfico general del puerto de Sevilla (1)

AÑOS	Importación Ts.	Exportación Ts.	TOTALES Ts.
1910	948.465	301.688	1.250.153
1911	898.212	339.315	1.237.527
1912	896.331	380.270	1.276.601
1913	1.043.395	451.912	1.495.307
1914	792.429	336.500	1.128.929
1915	663.171	307.350	970.521
1916	767.035	291.324	1.058.359

Y es que el puerto de Sevilla padece en la actualidad todos los inconvenientes de su situación como puerto interior de una ría. El más importante de todos, lo limitado de su calado, que es sólo de 20 pies ingleses (6,60 m.), constituye barrera infranqueable para barcos de más de 4.500 a 5.000 toneladas, de modo que tiene que limitar su clientela a las pequeñas unidades y excluir a las mayores, que son precisamente las que arrastran las grandes masas de mercancías. Al lado de éste, otros inconvenientes, como los daños que producen las grandes crecidas del Guadalquivir, con interrupciones de la navegación y gastos de dinero para reparar los daños que causan, apenas si merecen consignarse.

Tales defectos no están compensados por las ventajas naturales de su situación, pues entre todas la más notable, la de utilizar la vía fluvial para la navegación, no se aprovecha ni puede aprovecharse ahora.

(1) De las Memorias publicadas por la Junta de Obras del Puerto. Para formar juicio consignamos en la memoria de nuestro proyecto, datos relativos a los puertos españoles de más tráfico o de tráfico análogo al de Sevilla.



La consecuencia para Sevilla de prolongar la navegación por el Guadalquivir hasta Córdoba sería análoga a la de prolongar los muelles de su puerto 150 kilómetros adentrándolos en el corazón de España. Todo el tráfico que la vía fluvial habría de crear a través de una de sus más ricas zonas aumentaría directamente la importancia del puerto sevillano. Lo que ahora es sólo una estación de transbordo entre los transportes marítimos y terrestres se transformaría para la importación en una gran placa de distribución entre las mercancías que siguieran vía terrestre y las que continuaran por vía fluvial, y para la exportación sería el cauce único que absorviera estas dos grandes corrientes. Esto sin contar con lo que para sí misma habría de retener Sevilla para impulso de sus industrias y creación de otras nuevas, eligiendo de las materias que pasaran por sus muelles las que mejor le convinieran. Así Sevilla quedaría transformada en un tipo de puertos de que en España no hay ejemplo: un puerto con una gran zona interior de servicio, o puerto con *hinterland*.

Beneficios del hinterlan. Ejemplos.

Es de tal influencia el *hinterland* en los puertos, que basta decir que los de más movimiento en Europa tinen esta zona de influencia y a ella deben su tráfico en la mayor parte. Pueden servir como tipo elocuente para demostrar este hecho, tan conocido de todos, los puertos de Rotterdam, Hamburgo, Marsella, Londres, etc.

El ejemplo de Rotterdam, en la desembocadura del Rhin, puede servir de tipo; cualquiera mejora alemana en las condiciones de navegación del río que determinara un aumento de tráfico ha sido una ventaja inmediata para el puerto holandés de Rotterdam, de modo que éste es como el fiel reflejo de la prosperidad y desenvolvimiento del río.

Otras veces, para aumentar la importancia de un puerto, se le ha dotado de un *hinterland*, aun a costa de los mayores gastos. Así se ha hecho recientemente para el puerto de Mar-



sella, construyéndole un canal que lo enlazará con el Ródano, y cuyo coste, según presupuesto aprobado por las Cámaras francesas en 1902, ha sido de 71 millones de francos.

Estos dos ejemplos, vivas realidades, hablan concisa y rotundamente de lo que sería para Sevilla un *hinterland* navegable que penetrara 150 kilómetros en el interior de España.

Ventajas de la navegación fluvial entre Córdoba y Sevilla.

Hablar de navegación fluvial en España, donde a las palabras les falta el sólido sostén de las realidades ejecutadas, parecerá tal vez a algunos entretenimiento utópico. El decir sobre esto que la obra de canalización habría de ser ventajosa lo creerán esos mismos pura ilusión o engendro necesario para la defensa de nuestra idea. Sin embargo, son cosas bien distintas que aquí no se hayan realizado obras de esta clase, faltando con ello en nuestro país ejemplos a que volver la vista y que una canalización sea irrealizable en España o que no sea ventajosa.

Las posibilidades técnica y económica de hacer navegable el Guadalquivir entre Córdoba y Sevilla han sido expuestas a grandes rasgos en el tercer capítulo, sin perjuicio de detallar las segundas en los dos últimos capítulos de este folleto. Antes hemos expuesto los beneficios para el puerto de Sevilla. Ahora sólo trataremos de las ventajas propias e inmediatas que se obtendrían de ejecutarse la obra de canalización.

La crisis de los transportes en España.

Si nosotros quisiéramos tratar el asunto de modo general de tal suerte que su horizonte fuese, no el de una región, sino el del país entero, presentaríamos a la reflexión la crisis actual de los transportes, y de sus enseñanzas la de carácter más amplio, cual es los peligros que la economía nacional tiene que padecer por haberse organizado sobre un único medio de transporte cuando, como ahora, rige con imperfecciones. Porque otro aspecto tendría la situación si existiera la cooperación de vías navegables que absorvieran parte del tráfico total, pues así la influencia del accidente se manifestaría en la parte que le



correspondiera y no en el conjunto, y aun la de aquélla podría disminuirse reforzando la intensidad del otro medio.

Enseñanzas.

Pero aunque nuestro propósito está muy lejos de presentar un plan general de vías navegables, la consideración anterior, aunque natualmente disminuída de proporciones, es igualmente aplicable. Aliviar aunque sólo sea en un trozo de la red, al único medio de transporte de que ahora disponemos es un papel económico cuya importancia ponderan las circunstancias actuales. No sabemos lo que durarán estos momentos pero es seguro que no pasarán tan rápidos como todos deseamos. Tampoco sería prudente olvidarlos por completo y obrar como si nunca más pudieran presentarse de nuevo.

Ventajas permanentes; la economía de transportes.

Estas consideraciones no son las únicas. La actualidad las puso en la punta de la pluma. Mas hay otras durables y permanentes que concurren a aumentar el capítulo de sus beneficios.

Son, sin duda, incalculables los que se derivan de un transporte económico. El Guadalquivir canalizado habría de ser la vía; trenes de grandes barcazas remolcadas, los vehículos. Con estos recursos podría rebajarse en gran proporción el coste actual del transporte entre Córdoba y Sevilla y conseguir una economía de varios millones en el conjunto.

El concretar en una cifra la cuantía de esa suma es un problema sin solución exacta por la infinidad de datos de que se carece y de lo aleatorio de otros que es preciso suponer. De una parte el coste actual de transporte no es único, sino distinto para las diversas mercancías, y de otra el precio del transporte por el río, una vez canalizado, es difícil fijarlo con precisión pues en él influyen las cargas anuales originadas por el coste de las obras, los gastos de su conservación y reparaciones, el coste de explotación y, como denominador de todo ello, la masa anual de tráfico, perfectamente desconocida y además variable



con el tiempo, es decir, elementos cuya valuación sólo de modo grosero pueden apreciarse.

Por eso renunciamos desde luego a la presentación de ese número, porque, de hacerlo, el que dedujéramos sería engañoso y no había de ofrecer garantía de confianza. Preferimos dar algunos datos con los que pueda formarse juicio exacto y suficiente sobre este asunto.

Tarifas actuales.

Decíamos antes que el coste del transporte era diferente de unas mercancías a otras. Adjunto damos en el cuadro número 6, para las que más interesan a la navegación, un resumen de las tarifas vigentes por tonelada y kilómetro de recorrido, y el coste calculado del transporte de una tonelada entre Córdoba y Sevilla.

Cuadro número 6

Corte actual del transporte entre Córdoba y Sevilla por tarifa general de pequeña velocidad.

MERCANCIAS	Base por tonelada y kilómetro Ptas.	Precio por tonelada Ptas.
Abonos	0,125	16,37
Aceites vegetales	0,1625	21,28
Aceites de oliva, no embotellados	0,125	16,37
Carbón mineral	0,125	16,37
Cemento, cal y yeso	0,125	16,37
Conservas alimenticias	0,1625	21,28
Cereales	0,125	16,37
Orujos	0,125	16,37
Desperdicios de cueros, de pieles y de carnicería, de lana, pelo, algodón, estopa, cartón o hilaza	0,125	16,37
Harinas de cereales	0,125	16,37
Legumbres secas, no expresadas	0,125	16,37
Maquinaria y mecánica embalada y la no embalada, sin responsabilidad	0,125	16,37

MERCANCIAS	Base por tonelada y kilómetro Ptas.	Precio por tonelada Ptas.
Maquinaria y mecánica no embalada, con responsabilidad	0,1375	18,01
Hierro y fundición en bruto, hierro en barras, chapas, hojas o planchas, llantas, hierro forjado, colado o en cabillas, y otros productos de fragua no expresados, hierro galvanizado en chapas	0,125	16,37
Hierro trabajado y estampado o fundido para adornos	0,1375	18,01
Materiales de construcción no expresados	0,125	16,37
Minerales (excepto los preciosos)..	0,125	16,37
Plomo dulce en galápagos o barras, en tubos, en planchas, en balas y perdigones	0,125	16,37
Plomo trabajado o estampado	0,1375	18,01
Metales en bruto (excepto preciosos)	0,125	16,37
Metales labrados	0,1375	18,01
Vinos del reino.................	0,125	16,37
Media de los transportes en p. v. (1916)	0,0686	8,99

El coste del transporte de Córdoba a Sevilla varía, como puede verse en el cuadro, entre 16,37 y 21,28 pesetas.

Hemos consignado también en el cuadro el precio medio a cómo ha resultado durante el año 1916 para el conjunto de la red M. Z. A. el transporte en pequeña velocidad de la tonelada por kilómetro de recorrido: es este coste de 6,86 cts. (1), con lo que el total entre Córdoba y Sevilla resulta a 8,99 pesetas o 9 pesetas en números redondos.

(1) Memoria presentada por el Consejo de Administración a la Compañía de M. Z. A, en 31 de Mayo de 1917.



Tarifa de la navegación; datos de la experiencia.

Tales son los precios que ahora rigen. ¿Cuál será el que pueda ofrecer la vía fluvial? Antes hemos dicho lo difícil que resulta el poder fijarlo con cierta precisión. Por eso creemos más seguro y elocuente el transcribir datos que hayan recibido la sanción de la experiencia en obras de canalización, ejecutadas y en explotación.

En Francia, donde el Estado conserva y sostiene a su costa las vías de navegación, pagando incluso el personal de las esclusas (régimen igual al de las carreteras españolas, por ejemplo), el único coste del transporte de navegación es el *flete.* Aunque éste es variable, pues no hay tarifas fijas, y depende, entre otras causas, de la ley de la oferta y la demanda, es, término medio, de 1,5 cts. por tonelada y kilómetro, y baja con frecuencia para las grandes masas de mercancías a 1 ct.

Alemania tiene establecido, desde hace pocos años, el principio del *peaje* para sostener la obra de navegación y amortizarla; variable de una vía a otra, la tarifa media es de 1,5 cts. por tonelada y kilómetros (baja a 0,5 para carbones y sube a 2,5 céntimos en la tarifa más cara aprobada en 1905).

El flete medio es de 0,9 cts., de modo que, teniendo en cuenta los dos elementos, el peaje y el flete, la tonelada kilométrica media cuesta a 2,4 cts. Este coste es sólo de 0,8 cts. en los grandes ríos.

Superioridad económica de la vía de agua.

La economía de estos precios resalta si se compara con el medio de nuestra pequeña velocidad de 6,86 cts. Y por si se quisiera oponer reparos a nuestra demostración diciendo que no puede admitirse la comparación entre los resultados obtenidos en países donde las condiciones económicas son tan diferentes, transcribiremos los precios medios de los transportes ferroviarios en Francia y Alemania mismo y que resultan ser de 4,68 cts. y 4,40 cts. por tonelada kilométrica, respectivamente. Pues así es evidente la ventaja económica de la vía de agua para el transporte, que es de la tercera parte y de la mitad en aquellas naciones.



Estas cifras justifican por sí mismas, con sobra de razones, la preferencia que tienen otros países por las vías de navegación interior. Siguiendo con los ejemplos de Francia y Alemania, puede apreciarse la importancia que se le concede por la extensión de sus redes, de 13.700 y 14.200 kilómetros, respectivamente, y que de modo constante mejoran y aumentan, como hicieron nuestros vecinos en 1902, que invirtieron 150 millones de francos y más de 500 millones de marcos los alemanes, según ley de 1905.

Apreciación aproximada del coste probable del transporte fluvial entre Córdoba y Sevilla, y economía mínima que se obtendrá.

Ya hemos dicho que este precio de coste se compone de dos factores: *peaje* y *flete*. En cuanto al peaje, o sea cantidad que se destina a conservar y amortizar la obra de la canalización, baste decir que en ninguna otra canalización creemos que se da el caso que en ésta, es decir, que constituyendo las presas la parte principal y más costosa de la obra, la iniciativa particular se encargará de costearla y conservarla, pues por la forma en que hemos concebido la obra, de suerte que la canalización se establezca como consecuencia del aprovechamiento de energía, pasa a ser de importancia secundaria en cuanto al coste lo que generalmente es la obra principal. Asimismo por el sistema y distribución de presas adoptado, el número de esclusadas se reduce al mínimo.

En una palabra, el sacrificio que se pedirá al Estado para obra tan colosal será tan pequeño que muy bien podrá quedar reducido el peaje a cero o a una cantidad tan mínima, que no deberá pasar de 0,5 cts. de peseta por tonelada y kilómetro.

En nuestro caso del Guadalquivir la prudencia aconseja no recargar desde el principio con grandes impuestos una obra naciente que además descubre horizontes hasta ahora ocultos en España. El sistema de Francia de no cobrar el peaje, aunque allí es muy discutido y hasta empieza a derogarse, sería muy conveniente para facilitar el desarrollo de la navegación interior española. Contando con sólo el gasto del flete pudiera ser el



precio de transporte el de 1,5 cts. por tonelada y kilómetro; en todo caso, y aun teniendo en cuenta el peaje, no creemos que excedería de 2 cts. por tonelada y kilómetro el precio total de transporte. Como el desarrollo del río entre Córdoba y Sevilla es de 190 kilómetros, *el transporte de una tonelada resultaría a* 3,80 *pesetas, con una economía de* 12,57 *pesetas respecto al coste actual de* 16,37 pesetas, *es decir, de un* 77 *por* 100.

Beneficio producido por el aprovechamiento simultáneo de energía.

La magnitud de los aprovechamientos de energía que pueden utilizarse del río Guadalquivir en la sección canalizada la hemos apreciado antes en unos 61.825 HP.

Toda esta gran potencia que ahora se desperdicia podría servir para el sostenimiento de las actuales industrias de la región y ser además base segura y económica sobre la que se fundarían otras nuevas que no pueden ahora desarrollarse por la penuria de fuerza.

Una canalización eléctrica paralela al río que enlazara las distintas centrales podría ser el tronco que, ramificado en sus derivaciones, condujera por ellas la savia allá donde la función de un órgano hiciera su demanda: en la mina para extraer sus productos, para renovar el aire viciado, para luchar contra las aguas que, en celosa competencia, parece como si quisieran defender sus tesoros inundándolos; en la granja agrícola, en la molienda de granos, en la fabricación de aceites; para alumbrar a los pueblos y mover sus tranvías y las máquinas de sus fábricas, y en tantas y tantas aplicaciones que sólo tienen el límite que nuestra imaginación les señale, pues a todas alcanza y sirve y se pliega el flúido eléctrico.

Visión de conjunto. - Aprovechamiento orgánico completo del Guadalquivir.

Aguas del Guadalquivir se derivarán muy en breve para fertilizar con sus riegos extensiones enormes de sus vegas. La producción y la riqueza aumentarán pronto y rápidamente.

Pero el aprovechamiento del río no debe limitarse ahí. Las aguas que queden en su lecho pueden y deben utilizarse para el



transporte, canalizándolo. Tiénese entonces como consecuencia o como producto secundario una masa enorme de energía que tampoco puede despreciarse.

Con estas mejoras quedaría el Guadalquivir totalmente transformado. El río primitivo y salvaje, que parece como si conservara en su ser la imagen del espíritu árabe, con su ímpetu en las crecidas, unas veces, y la mansedumbre impotente y servil en sus largos agostos, otras, puede con nuestro trabajo educarse y mejorarse. Podemos crear otro río completamente distinto: uno que o es azote o no es nada, transformarlo en una cosa útil. Y esto se debe y se puede hacer aprovechándolo todo, de tal modo que sea como un organismo vivo con funciones diversas que se presten ayuda las unas a las otras. Los riegos servirán a la función productora y el lecho canalizado a la de transporte, aunque, también ésta, y por acción refleja, será nuevo acicate para la producción. Como enlazándolas e impulsándolas separada y conjuntamente actuará la energía utilizada del río que completará y también ampliará la acción de los transportes y de los riegos, y el capital que se invierta en las nuevas instalaciones hidroeléctricas será un interesado más y de gran importancia en la construcción de los pantanos que se realizarán en muy breve plazo y tal vez con menor sacrificio del Estado.

Contraste con aprovechamientos fragmentarios que no obedecen a un plan general.

Este cuadro que retrata el aprovechamiento completo y orgánico del río, se desfigura y altera completamente, y muchos de sus beneficios desaparecen si las obras son fragmentarias y no tienen conexión entre sí.

Véase lo que hasta ahora sucedía con los riegos, lo que aun persiste en lo que a aprovechamientos de energía se refiere. Si cada propietario tuviera que sacar del río las aguas para sus tierras, elevándolas con bombas o derivándolas con presas, ¿podría pensarse en regar, sólo en la zona inferior del Guadalquivir, 95.000 ha., vomo va a hacerse mediante el plan general



del Estado? Sólo así pueden ejecutarse unas obras cuyos elementos fundamentales, que son los más costosos, sirven al mismo tiempo para todos y su coste se diluye en proporción ínfima entre los numerosos utilizantes de ella. Y de no ejecutarse en esta forma unificada, vendrían dos males juntos y a cual peores: reducción de la zona beneficiada y sobreelevación relativa del coste de producción.

Los aprovechamientos aislados de la energía del río presentan también estos inconvenientes, pero agudizados. Es el primero el de una utilización incompleta de la potencia hidráulica a tal punto exigua, que ahora sólo rinde el río, en las pequeñas centrales y los viejos molinos, no más del 3 por 100 de su fuerza, y el resto de 97 por 100, casi toda su energía, se pierde y desperdicia y la consumen las aguas en choques, remolinos, arrastres y destrucción de las márgenes.

El valor del tiempo.

Es de esperar que con el tiempo irán rellenándose con nuevos saltos los espacios ahora infecundos y mejorándose los aprovechamientos actuales: no faltan en España ríos, algunos de las Vascongadas, por ejemplo, donde se ha llegado al perfil escalonado que define el aprovechamiento completo de un río. Es verdad que a esta situación podría llegarse *con el tiempo*; pero, ¿con cuánto tiempo? Porque este elemento es de primer orden y no puede despreciarse. A una región le interesa desenvolver sus riquezas cuanto antes, sin dormirse en la esperanza dudosa de verlas dar frutos y perdiendo para la lucha económica armas que están a su alcance. Los aprovisionamientos sucesivos y aislados harían con el tiempo irrealizable la canalización del Guadalquivir.

Hay más. Supongamos pasados los años, acaso tantos que no lo viéramos nosotros, y que se ha llegado al total aprovechamiento de la energía del Guadalquivir entre Córdoba y Sevilla. Pues entonces sería cuando la canalización del río sería irrealizable. Porque, una de dos: o se demolían todas las centrales



a fuerza de millones para reconstruirlas como a la canalización conviniera, o sobre ellas se adosaba las instalaciones que la navegación exige con tales inconvenientes de todos órdenes, que sólo al pensarlo se desecha la idea. Efectivamente; instalaciones de fuerza montadas sin otro propósito que el de aprovechamiento de energía serían seguramente muchas de ellas de los tipos que ahora son únicos en el tramo Córdoba-Sevilla: pequeñas presas de fábrica para unos dos o tres metros de salto, pues las grandes avenidas del río no consiente más elevados obstáculos, a menos de extender y agravar los daños de las inundaciones, ya muy temibles por sí mismas, o de emplear el sistema de presas que proponemos. De modo que en la hipótesis en que nos hemos colocado habría probablemente en el tramo del río, y para el aprovechamiento de su energía, unas 30 centrales, que se repartirían los 90 m. de salto total, a 3 m. cada una; acaso no fuesen muchas menos, aunque, como es de suponer, se hubiesen construído presas movibles modernas, pues subsistirían las actuales, que tienen 2 o 2,5 m. de salto; pero lo indudable es que sería un número crecido. Y de aquí el perjuicio: para cada presa es necesario una esclusa; habría que construir tantas esclusas como centrales. El desnivel que ahora se salva en 11 esclusas exigiría más de 30. Al multiplicar las obras, su coste aumentaría enormemente y casi en la misma proporción. Pero no acaban ahí los daños: en cada esclusa las embarcaciones pierden cierto tiempo, tres cuartos de hora próximamente; si la pérdida total en el recorrido de todo el trayecto puede reducirse a 8 horas con 11 esclusas, subiría a 22 con 30 esclusas, es decir el triplo; y esto es dinero, es aumentar el coste del transporte. Serían, pues, mucho mayores, y por motivos paralelos, los gastos de primer establecimiento y de explotación.

Resumen.

Es decir, resumiendo nuestra opinión, el aprovechamiento fragmentario del río tendría como consecuencias:

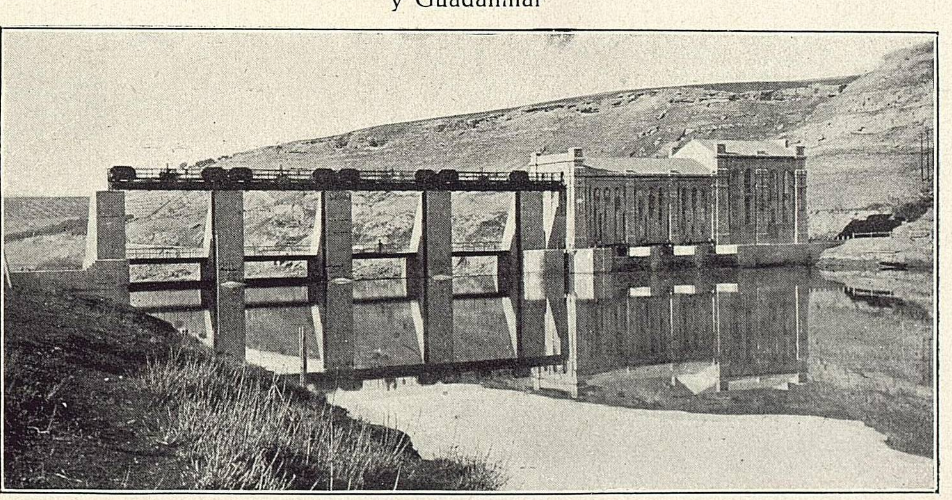


1.º Exigir muchos años para la total utilización de su energía, perdiéndose en el largo intervalo todos los beneficios que puede reportar.

2.º Cuando la utilización completa se hubiese alcanzado, la canalización del río se habría hecho imposible económicamente.



Instalaciones hidroeléctricas de la Compañía Mengemor en los ríos Guadalquivir y Guadalimar

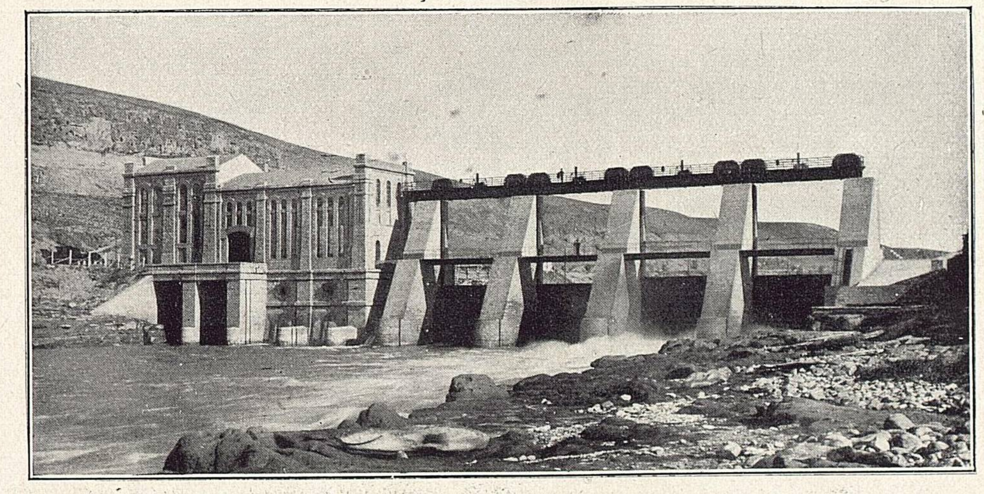


Central y presa de Mengíbar
(Vista de aguas arriba)
Río Guadalquivir





Instalaciones hidroeléctricas de la Compañía Mengemor en los ríos Guadalquivir y Guadalimar



Central y presa de Mengíbar
(Vista de aguas abajo)

Río Guadalquivir



VI

Solución financiera y presupuesto

La solución técnica que hemos descrito anteriormente ofrece a su vez, como una consecuencia, la solución financiera que permite llevar a cabo la ejecución en el más breve plazo posible y con las mejores ventajas para los intereses del Estado. Solución financiera.

Una vez que se obtiene con las obras un aprovechamiento de energía de verdadera importancia, los beneficios que de su utilización puedan esperarse justifican la inversión de un capital más o menos respetable, que puede ser aportado por la iniciativa particular. El Estado, por su parte, contribuirá con el resto, y de este modo el problema de la canalización y del aprovechamiento de energía quedaría resuelto de una vez.

Por de pronto la Sociedad, cuya dirección está encomendada al autor del proyecto, ha hecho suya la iniciativa de éste y concreta una proposición.

De este modo, el que suscribe tiene la inmensa satisfacción de ofrecer ahora juntamente con la solución técnica del problema una solución económica, cuyos términos generales expondremos y justificaremos a continuación.

Al amparo de la vigente ley de Aguas se pide en la instancia

que acompaña a este proyecto la concesión de once aprovechamientos hidroeléctricos, todos ellos de más de 1.000 HP. de potencia.

Al propio tiempo se ofrece la construcción de once presas sobre el río, con aquellas obras complementarias que se proyectan con el exclusivo objeto de hacer el río navegable en toda su longitud desde Sevilla hasta Córdoba, para barcazas de 525 toneladas, e igualmente se ofrece la construcción de once puentes para carretera, de comunicación entre ambas márgenes del río.

Y en compensación de este sacrificio, que para el mejor aprovechamiento de la energía es en absoluto innecesario, no se solicita auxilio, propiamente dicho, del Estado. Se le invita a satisfacer el importe de esas obras complementarias y el de las expropiaciones que exijan las obras que se proyectan, o sea un sumando mínimo, por decirlo así, del coste de la vía navegable, que ha de pertenecer al Estado.

En el capítulo en que justificamos las condiciones en que se solicita la concesión detallamos la forma en que la entidad concesionaria o la constructora de las esclusas y puentes habrá de percibir su importe, y tenemos el convencimiento de que la fórmula que proponemos ofrece cuantas garantías pudiera exigir el Estado.

Este disfrutará del beneficio de las presas sin haber costeado su ejecución, que será a cargo del concesionario de la energía, y en cambio el concesionario no disfrutará del beneficio de las esclusas, cuya ejecución será a cargo del Estado, ni de la vía de agua, cuyas expropiaciones necesarias, únicamente, serán también a cargo del Estado; de donde se deduce que nuestra proposición es tan ventajosa para el mismo, como no se ha ofrecido otra semejante en país alguno del mundo.

Presupesto.

Las obras de las presas y centrales hidroeléctricas se presupuestan en unos *sesenta millones de pesetas*.



El importe total deducido de las once esclusas asciende a 15.551.906 pesetas. El de los once puentes, con sus respectivos malecones de acceso, asciende a 4.725,210 pesetas.

Consecuencias de orden económico.

Lo que habrá de gastarse el Estado asciende a 23 millones de pesetas, importe de obras que quedarán de su completa propiedad, mas el coste de las expropiaciones. Nada se pide para las presas y demás obras que la canalización exigiría.

Por este motivo podemos ofrecer al Estado la canalización en un coste que se nos figura único.

Lo que, haciéndolo por el sistema que han seguido otros países, costaría más de 100 millones de pesetas, puede ejecutarlo el Estado español por menos de su tercera parte. Así por ejemplo, Francia se ha gastado en canalizar el Sena entre París y Rouen (232 kilómetros) 90,5 millones de francos en el primer establecimiento de la obra, y después, en mejorar las instalaciones, otros 65 millones más. Resulta el kilómetro de río canalizado a 390.000 y 280.000, respectivamente, o sea, en total, 670.000 francos kilómetro.

El coste unitario de la canalización del Guadalquivir, con todas sus dificultades, puede reducirse para el Estado, con la fórmula que le proponemos, a 150.000 pesetas kilómetro.

NOTA. Las cifras de presupuestos que aquí figuran, son las calculadas cuando el proyecto se redactó. No hay que decir que serán hoy superiores.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Instalación hidroeléctrica que explota en arrendamiento la Compañía Mengemor

Central hidroeléctrica de «Valtodano»

Río Guadalquivir







VII

Condiciones de la concesión

En el anejo de la Memoria de nuestro proyecto se desarrolla el articulado de las condiciones en que se solicita la concesión de las obras para el caso en que el Estado desee concurrir a la ejecución de las de navegación y de comunicación. Aquí nos proponemos justificar los puntos esenciales de las condiciones que se proponen.

Concurso del Estado.

En el capítulo anterior hemos tratado de las líneas fundamentales sobre la solución financiera para la ejecución de nuestro proyecto. La orientación general allí expresada es que las obras de navegación y de comunicación propiamente dichas las costeará el Estado y quedarán de su propiedad exclusiva. Esto es, sin duda alguna, lo más conveniente al interés general para la utilización de las obras.

En las condiciones de la concesión concretamos nuestra proposición. El artículo 1.º define las obras que correrán a cargo del Estado. Entre las esclusas se incluyen, naturalmente, aparte de las esclusas mismas, los canales de acceso y de derivación, los aparatos para su maniobra y servicio y la defensa de la margen en que se asienta la esclusa.



No se incluye el coste de las presas, aun tratándose de un elemento igualmente esencial a la canalización y a los aprovechamientos de energía.

Del resto de la vía navegable se incluye a cargo del Estado las expropiaciones de todos los bienes de propiedad particular que han de ser ocupados por las obras y embalses. Es éste, por la forma en que están proyectadas las obras y por la exigua importancia relativa de los aprovechamientos existentes en el río, un sumando de escasa cuantía, especialmente si se compara con el que es igualmente necesario para la vía navegable: las presas. Las presas y los embalses son comunes a la navegación y a los aprovechamientos hidroeléctricos. Podría haber sido un criterio la distribución de su coste en partes iguales. La proposición que presentamos es más clara, porque deslinda perfectamente las funciones. Y es, sobre todo desde el punto de vista económico, mucho más ventajosa para el Estado. Porque las presas costarán cinco o seis veces lo que todas las expropiaciones.

Aparte de esto, el Estado es la autoridad y prestigio supremos para tratar con los particulares, y posee, además, todos los recursos legales para la ejecución de obras como ésta, de tan alto interés público.

La suspicacia que pudiera nacer ante el temor de que fuera el Estado a contribuir con su concurso económico a la ejecución de obras que quedarán de propiedad particular, se desvanece con lo que hemos dicho en los párrafos anteriores. Y por si fuera poco, podíamos citar muchas razones más, apoyadas en datos concluyentes, que no sólo lo justifican, sino que lo demandan como necesario. Pues, aunque sea repitiendo lo que hemos dicho tantas veces, los saltos son excepcionalmente caros de construcción y de un rendimiento hidráulico mediano.

Nada diremos sobre los artículos 2.º y 3.º de las condiciones, que sirven para precisar la separación de las obras de las esclusas y de las de los puentes, de las que correrán a cargo del concesionario.

El resto del capítulo que comentamos está dedicado al procedimiento que habrá de seguirse para fijar el concurso del Estado. El que proponemos, que es el de subastas anunciadas por el Ministerio de Fomento, es el que ofrece las mayores garantías.

No queremos ocultar que este punto ha sido objeto, por nuestra parte, de largas reflexiones. Pensamos, primero, en fijar una cantidad que habría de recibir el concesionario como pago de las obras de canalización y de comunicación, que habrán de quedar a cargo del Estado. La dificultad estaba en concretar esta cifra. La índole de nuestro estudio y de la época en que lo efectuamos no permiten deducirla con aproximación plenamente satisfactoria. Y teníamos dos caminos: o presupuestar por alto y con un gran margen, o exponernos a tener que costear obras que no son propias de los aprovechamientos hidroeléctricos, recargando su ya crecido importe. Además las fluctuaciones posibles de los precios de materiales y mano de obra en la época presente se salen por completo de toda previsión racional, mucho más tratándose de obras cuya ejecución total no será inmediata.

La fórmula que proponemos allana estos obstáculos y ofrece para todos plena garantía de acierto.

Las otras condiciones que se fijan en los artículos siguientes son consecuencia de ésta y de la forma de ejecución.

Indiscutiblemente conviene ejecutar a un tiempo la presa y demás obras a cargo del Estado. Sería altamente peligroso que en la ejecución de una y otras no hubiera la debida armonía en cuanto al plan y los procedimientos, y como pudiera darse el caso de que la ejecución de la parte concerniente al Estado que ha de ser adjudicada por subasta correspondiese a una tercera entidad que no fuese el concesionario que ha de construir la presa, se confía a los ingenieros del Estado la misión de dirigir, de acuerdo con ambas entidades, la ejecución de las obras, resolviendo las diferencias de criterio que sobre esta materia pudieran surgir.



De la ejecución de las obras.

El orden de construcción de las instalaciones es el natural; de la parte baja del río hacia arriba, puesto que en aquella parte el río es ya navegable. Se autoriza al concesionario, sin embargo, para alterar el orden, adelantando el importe de las obras. La ventaja está en que puede así amoldarse a las exigencias del mercado eléctrico en un momento dado y sin que resulte por eso mayor gasto o dispendio para el Estado.

El plazo de ejecución que se prevee es de veinte años. En el artículo 9.º se fijan los períodos para el comienzo de las obras de cada una de las instalaciones. Tomando como origen la fecha del otorgamiento de la concesión, la instalación número 1 se comenzará dentro del primer año. Todas las demás, hasta la sexta se comenzarán con intervalos de dos años, que se reducen a uno a partir de la séptima hasta la última. Los plazos de ejecución de cada instalación se fijan en cuatro años para todas.

Siendo una de las bases financieras fundamentales para la ejecución de las obras la producción y venta de la energía hidroeléctrica de los saltos, el plazo de veinte años que se fija para la realización es el que se estima necesario para que el mercado de la región vaya absorbiendo la energía lanzada a su consumo. Se comprende que siendo el principal sostén de la canalización la producción de energía, no puede planearse el desarrollo de la obra de canalización sin preocuparse también de tener colocada la energía.

Por esta razón se establecen también las condiciones del artículo 10, que concreta la idea anterior. Nosotros abrigamos el convencimiento de que las circunstancias que se suponen en ese artículo no llegarán a presentarse. Abona nuestra opinión el rápido desarrollo industrial de la región, que nosotros mismos hemos presenciado, y al que también hemos contribuído (1).

---

(1) Véase la «Conclusión» de esta Memoria.



Buscando la mayor flexibilidad posible a las condiciones de la concesión para que puedan amoldarse a los cambios de las exigencias y necesidades, prevemos también el caso de que el Estado desee apresurar la ejecución de las obras. Entonces el Estado satisfará al concesionario el 5 por 100 de interés anual correspondiente al importe de las obras que se vea obligado a ejecutar antes del plazo hasta la fecha del vencimiento de éste, según los artículos 9.º y 10.

Por el contrario, si se adelantara la ejecución de alguna de las instalaciones por decisión de la entidad concesionaria, ésta anticiparía el importe de las obras que corren a cargo del Estado, el cual lo reintegraría en forma análoga, o sea en las fechas correspondientes a los vencimientos de los plazos previstos.

Para el cómputo de estos vencimientos no se tomarán en cuenta las prórrogas o retrasos de esas fechas que sean imputables a las causas que se indican en el artículo 10 u otras que no dependieran de la voluntad del concesionario, pero sí los debidos a éste.

Y nada más justo. Puede ocurrir que las necesidades del mercado de consumo de energía eléctrica exijan anticipar la construcción de una o varias instalaciones, o alterar el orden de las mismas, sin perjuicio de cumplir los plazos señalados para las otras. Y en este caso el concesionario debe disfrutar de la necesaria libertad para hacerlo así, siempre que sea sin perjuicio de los planes económicos del Estado, y por eso se establece que en caso tal el concesionario anticipará el importe de las obras a cargo del Estado, que se ejecutarían en la forma prevista, y llegado el vencimiento del plazo de ejecución de esta obra, el Estado satisfaría su importe, o, lo que es igual, devolvería ese anticipo al concesionario. No habría otra diferencia en cuanto al modo de hacerlo efectivo, sino que en lugar de satisfacer su importe por mensualidades, según las certificaciones sucesivas, en este caso, conociéndose ya la cantidad total a



que ascenderían éstas por haberse anticipado la ejecución, la entrega se haría en cuatro mensualidades para cada instalación, entregándose la primera de ellas seis meses después de la fecha en que, según el artículo 8.º, debieron haberse comenzado.

De la conservación y explotación de la obra.

La proposición que le hacemos al Estado, según hemos dicho repetidas veces, deja de propiedad exclusiva suya las obras de navegación propiamente dichas y los puentes.

Consecuentes con esta orientación, en el capítulo III y último de las condiciones de la concesión se establece que esas obras serán conservadas y explotadas por él.

La explotación de los aprovechamientos hidroeléctricos y su conservación correrán a cargo de la entidad concesionaria.

No habrá inconvenientes de esta explotación y conservación fraccionada, porque las funciones quedan perfectamente deslindadas. Para completa garantía se establecen al concesionario, sin embargo, ciertas condiciones relativas a los niveles de los embalses y a la maniobra de las compuertas para que en momento alguno pueda con su explotación perjudicar la de la explotación vecina. Sin embargo de esto, deberá redactarse por la Administración un Reglamento especial que, sobre las bases que fijan las condiciones de la concesión, especifique y detalle lo relativo a la explotación de las obras.

Se determinan las condiciones de la concesión fijándose las tarifas de venta de la energía. La de energía para usos industriales es progresiva y depende de la potencia consumida. La tarifa para alumbrado distingue entre que sea para usos del comercio y de particulares.

La economía de estos precios, juntamente con la facilidad de utilización de la energía hidroeléctrica, determinará el rápido y brillante progreso de la región que puede esperarse de estas obras.





CONCLUSION

Hemos terminado la reseña sucinta de nuestro proyecto; en éste hemos procurado que sus líneas fundamentales no hayan de sufrir rectificaciones más adelante. La experiencia de trabajos análogos en el mismo río y el conocimiento que la observación durante años nos ha proporcionado nos hacen confiar en que nuestra solución es perfectamente viable y pronto tendremos la satisfacción de verla en camino de ejecución.

El río Guadalquivir debe ser nuestro pequeño Rhin.

Después del pavoroso sacudimiento que la guerra pasada ha producido en el mundo, quedan como resultantes dos aspiraciones universales, que constituyen hoy la finalidad de las negociaciones entabladas entre los más poderosos pueblos de la tierra. Es una de ellas la de asegurar por todos los medios posibles una paz de justicia duradera entre los hombres; y es la segunda la de facilitar el intercambio de las ideas y de los productos del trabajo entre los más lejanos continentes, abriendo ancho cauce al sentimiento de fraternidad universal y creando un organismo que resuelva en lo futuro los conflictos que, como consecuencia de las luchas de unos y otros intereses, ponían en peligro periódicamente la paz del mundo.



España, por su situación geográfica, representará un papel importantísimo en este intercambio general, viniendo a ser el verdadero centro del mundo civilizado, paso obligado de las vías de comunicación más importantes del planeta.

De todas ellas, serán para nosotros de más particular interés las que nos aproximan a los pueblos de América del Sur, hermanos nuestros, con quienes nos interesa estrechar cada vez más las relaciones comerciales, y con la costa Norte y Noroeste de Marruecos. Precisamente en esa misma dirección van las aguas del río Guadalquivir, surcadas en otro tiempo por los galeones que en su Torre del Oro famosa dejaban depositados los tesoros que llegaban del nuevo continente.

Adentrar otros 150 o 200 kilómetros en el corazón de España esta vía de agua es procurar una aproximación comercial efectiva e irresistible en sus efectos entre España y los pueblos de la América latina.

Desde este punto de vista, nuestro río canalizado, ejercerá una influencia decisiva en esa aproximación, que debe ser para nosotros el más elevado ideal de nuestra política.

Hemos calculado un plazo para la ejecución de las obras de veinte años; pero confiamos en la posibilidad de que este plazo sea más corto en la realidad.

La zona de Córdoba, una vez terminadas las obras del pantano del Guadalmellato; la de Peñaflor a Sevilla, una vez puesto en explotación el canal de riego de Peñaflor, toda la zona al Norte del Guadalquivir, enorme criadero de inagotables riquezas metalíferas; las zonas hulleras de Bélmez y Villanueva; la facilidad para la importación del cok inglés y de los hierros de Africa, así como la facilidad de exportación de los productos agrícolas, industriales o mineros, harán de ambas riberas del río, desde Córdoba hasta la desembocadura, más de 200 kilómetros, una gran factoría nacional, donde tendrán adecuado emplazamiento las industrias, base de nuestra defensa nacional y de nuestra independencia económica.



En ninguna otra zona concurren circunstancias tan favorables como serán:

Materias primas abundantes a precios mínimos.

Riqueza agrícola considerable, base la más firme de prosperidad y bienestar y garantía de una mano de obra barata.

Una vía navegable que facilite la importación de lo que no se produzca y la exportación de lo producido.

Puerto de paso obligado a las corrientes comerciales con Africa y América del Sur.

Un suelo vegetal de 8 a 10 metros de espesor en grandes extensiones y un sol que con decir de Andalucía está descrito.

Energía eléctrica barata en toda la zona a lo largo del río canalizado y, finalmente, pobladores de aptitudes, de inteligencia y laboriosidad como en ninguna parte del mundo (1).

Claro es que, como río, no podemos comparar las condiciones naturales del Guadalquivir con las del famoso río alemán; pero por todas las razones expuestas podemos prever en aquél una magna transformación análoga a la operada en éste, como consecuencia de los trabajos realizados.

En 1880 el tonelaje no llegaba en el río alemán a 6 millones de toneladas, y a principios del siglo presente pasaba de los 30 millones.

Sobre sus orillas se creaban puertos más importantes, dice Mr. Baudin, que los más importantes de Francia.

En Dusseldorf, en Mannhein, se levantaban ciudades nuevas con una fiebre de crecimiento solamente conocida en los Estados Unidos. Las antiguas ciudades Maguncia, Worns,

---

(1) Es una falsa creencia la que atribuye a los andaluces en general falta de condiciones para el trabajo.

Con la autoridad que nos presta la experiencia de importantes obras realizadas en esta y otras regiones de España, podemos asegurar que el obrero andaluz es tan infatigable como los mejores de cualquier otra región, con la ventaja de poseer condiciones privilegiadas de inteligencia e imaginación que le permiten aprender más prontamente los más variados oficios.



Colonia, vivificadas al contacto de la vía fluvial, se envolvían en una cintura de industrias activas.

Crefeld, Carlsruhe, abrían nuevos canales de unión para incorporarse a la nueva vida. Dusseldorf pasa de 68.000 a 213.000 habitantes; Colonia, de 129.000 a 360.000; Francfort, de 127.000 a 250.000.

El tráfico de carbones, solamente para la vía de agua, alcanza una cifra superior a toda nuestra producción nacional hullera.

Dígase si las condiciones antes apuntadas de la zona del Guadalquivir no son para esperar un florecimiento análogo y para confiar en la posibilidad de que nuestro proyecto pueda y tenga necesidad de realizarse completamente, una vez comenzado, en plazo más corto que el de veinte años que fijamos.

Véase en pequeño lo que nos enseña la experiencia: nuestra Sociedad empezó hace diez años por construir un pequeño salto de 500 HP. de potencia en el río Guadalimar, afluente del Guadalquivir, para el servicio eléctrico de la zona minera de Linares y La Carolina. Tuvimos necesidad de realizar en su principio activa propaganda para colocar esta energía. Realizada la experiencia, nos vimos pronto obligados a construir y poner en explotación un nuevo salto de 1.500 HP. en el mismo río.

Dos años más tarde tuvimos que construir un tercer aprovechamiento de igual potencia.

Inmediatamente de ponerse en explotación emprendimos en el río Guadalquivir la construcción de otro cuarto aprovechamiento de doble potencia que los anteriores.

Y por idéntica razón y en la misma continuidad vamos a emprender ahora, cerca de Córdoba, la construcción de un quinto aprovechamiento de mayor potencia que todos los anteriores reunidos, y obsérvese que estamos pensando al propio tiempo en realizar este gran proyecto.

A este paso se camina ahora en España y hay necesidad de caminar.



En la lucha económica presente de unos con otros pueblos, vencerá el que más trabaje, si dispone de elementos propios de riqueza para la producción.

Andalucía ofrece al trabajo del hombre tentadora solicitud, pero no hay que perder tiempo, en la realización de cuantos proyectos como el nuestro tiendan a desarrollar esas riquezas naturales que atesora.

Por eso solicitamos con empeño el concurso de la opinión, y el apoyo en particular de los representantes en Cortes de la región interesada, a fin de que con un ambiente favorable, nuestra iniciativa pueda desenvolverse y llevarse a la práctica en el más breve plazo posible.

Carlos Mendoza
Ingeniero de Caminos.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

CANALIZACION DEL GUADALQUIVIR

INSTALACION DE ALCALA DEL RIO

Vista general de la instalación núm. 1 de Alcalá del Río.—Primera presa de compuertas con su esclusa, central hidroeléctrica y puente de servicio público, de los 11 que integran el proyecto de canalización del río Guadalquivir




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



APENDICE I

Copia de la instancia que, acompañada del proyecto, ha sido presentada al Excmo. Sr. Ministro de Fomento con fecha 14 de marzo de 1919.

Excelentísimo Señor:

El que suscribe, Don Carlos Mendoza y Sáez de Argandoña, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, como Director y en representación de la Compañía Anónima «**Mengemor**» domiciliada en esta Corte, calle de la Montera, núm. 54, principal derecha, a V. E., con el debido respeto, expone:

Que con la presente solicitud acompaña por duplicado, un proyecto de canalización y aprovechamiento de energía del río Guadalquivir, en toda la sección del mismo comprendida entre Córdoba y Sevilla.

En la Memoria correspondiente, se hace historia de antiguos proyectos de navegación en el Guadalquivir que demuestran cómo ha sido aspiración constante de la región y del Estado, así como de nuestros Reyes, la realización de este propósito, que ahora ha de convertirse en realidad, merced a los nuevos recursos que la ciencia de la Ingeniería moderna proporciona.

Se hace un estudio serio y detenido de las condiciones naturales del río, tal vez el más torrencial de Europa, y se estudia y describe la solución técnica del problema, abarcando en conjunto los planes del Estado sobre riegos, la navegación y el aprovecha-



miento de energía, a fin de poder utilizar hasta el límite todos los recursos naturales que encierra en su seno tan importante curso de agua.

Hubiera sido muy sensible que un tramo de río como éste quedase inutilizado para cualquiera de estos diversos fines, por un aprovechamiento en gran escala, pero fragmentario, que hubiera podido efectuarse.

El conjunto de obras que se proyecta, abarcando todos los puntos de vista, riegos, navegación, puentes y aprovechamiento de energía, constituye un todo orgánico que obedece a un plan y con el que se obtiene la máxima economía en los diversos aspectos de la obra. Así, las presas servirán como presas de derivación para canales de riego, como manantiales de energía eléctrica, como apoyo para otros tantos puentes y como base para la canalización, haciendo el río navegable a lo largo de sus embalses, utilizando las esclusas.

Es decir, que el peticionario, pudiendo haber proyectado y pedido la concesión de los aprovechamientos hidroeléctricos que son posibles en el río en otra forma cualquiera, ha creído hacerlo en forma tal, que las obras sirvan al propio tiempo para todos los demás fines, y de este modo el Estado, a quien se hará entrega para su libre explotación de la vía navegable y de los puentes de comunicación entre ambas márgenes, se encontrará con una vía navegable de cerca de 200 kilómetros de longitud y con capacidad de tráfico de unos siete millones de toneladas anuales, sin más sacrificio que el de costear unas obras cuyo importe es próximamente de una cuarta parte de las que fatalmente hubiera tenido que ejecutar.

No necesitamos encarecer la trascendencia que para la región del Guadalquivir en particular y para la economía nacional representará ese nuevo *hinterland* de 260 kilómetros de longitud desde Bonanza hasta Córdoba, orientado en dirección de Africa y América del Sur, y a lo largo del cual se creará una energía de más de 60.000 caballos. La considerable riqueza agríco-



la industrial y minera repartida a lo largo del mismo, podrá desarrollarse en condiciones privilegiadas; y aquella región cuyo suelo vegetal alcanza espesores de diez metros, cuyo subsuelo está relleno con los más ricos y preciados minerales y cuyo sol y cuyo cielo son maravilla de la creación, será la más preciada joya de nuestro tesoro nacional.

Por todo lo cual, la Compañía que represento, fundándose en los preceptos de la vigente Ley de Aguas y disposiciones complementarias recientes, por la presente solicita la concesión de los once aprovechamientos hidroeléctricos que forman parte del adjunto proyecto, a cuyo efecto acompaña también el resguardo que acredita haber efectuado el depósito del uno por ciento del importe del presupuesto de las obras que ocupan terrenos de dominio público.

Al propio tiempo, invita al Estado a tomar a su cargo las obras complementarias de esclusas y comunicación sobre las presas que se podrán construir simultáneamente.

Y en el supuesto de que la invitación sea aceptada, esta Sociedad eleva por conducto de V. E. al Gobierno de S. M. la súplica de que, tomando en consideración el adjunto estudio, mediante el concurso necesario de las Cortes del Reino, la otorgue la concesión correspondiente, con las condiciones que al efecto se detallan y enumeran en el Anejo a la citada Memoria del proyecto que, a su vez, se justifican en el capítulo XIV de la misma.

Es gracia que espera merecer de la reconocida bondad de V. E., cuya vida guarde Dios muchos años.

Madrid, 14 de Marzo de 1919.

Firmado: *Carlos Mendoza.*

Excmo. Sr. Ministro de Fomento.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

APENDICE II.—PLANOS





PROYECTO

de canalización y aprovechamiento de energía del Guadalquivir entre

CÓRDOBA y SEVILLA


PLANO GENERAL DE LAS INSTALACIONES

Córdoba
Villarrubia
Posadas
Palma del Rio
Peñaflor
Lora del Rio
Alcolea del Rio
Villanueva del Rio
Tocina
Cantillana
Brenes
Villaverde del Rio
Alcalá del Rio
La Rinconada
La Algaba
Camas
Tomares
Sevilla


Rio Guadalquivir
Rio Guadiato
Rio Bembezar
Rio Retortillo
Rio Genil
Canal de riego
Sindicato de riegos del Guadalquivir
Linea de Córdoba a Sevilla
Linea de Valchillón a Marchena
Linea de Córdoba a Málaga
Linea de Belmez a Córdoba
Linea de Mérida a Sevilla
Carretera de Madrid a Cadiz
Carretera a la estación
Cª de Sevilla a Alcª de Guadaira
Provincia de Córdoba
Provincia de Sevilla

INSTALACIÓN Nº 1 ALCALÁ DEL RIO
INSTALACIÓN Nº 2 CANTILLANA
INSTALACIÓN Nº 3 ALCOLEA DEL RIO
INSTALACIÓN Nº 4 PEÑA DE LA SAL
INSTALACIÓN Nº 5 LORA DEL RIO
INSTALACIÓN Nº 6 PEÑAFLOR
INSTALACIÓN Nº 7 PALMA DEL RIO
INSTALACIÓN Nº 8 POSADAS
INSTALACIÓN Nº 9 GUADIATO
INSTALACIÓN Nº 10 VILLARRUBIA
INSTALACIÓN Nº 11 CÓRDOBA

N.

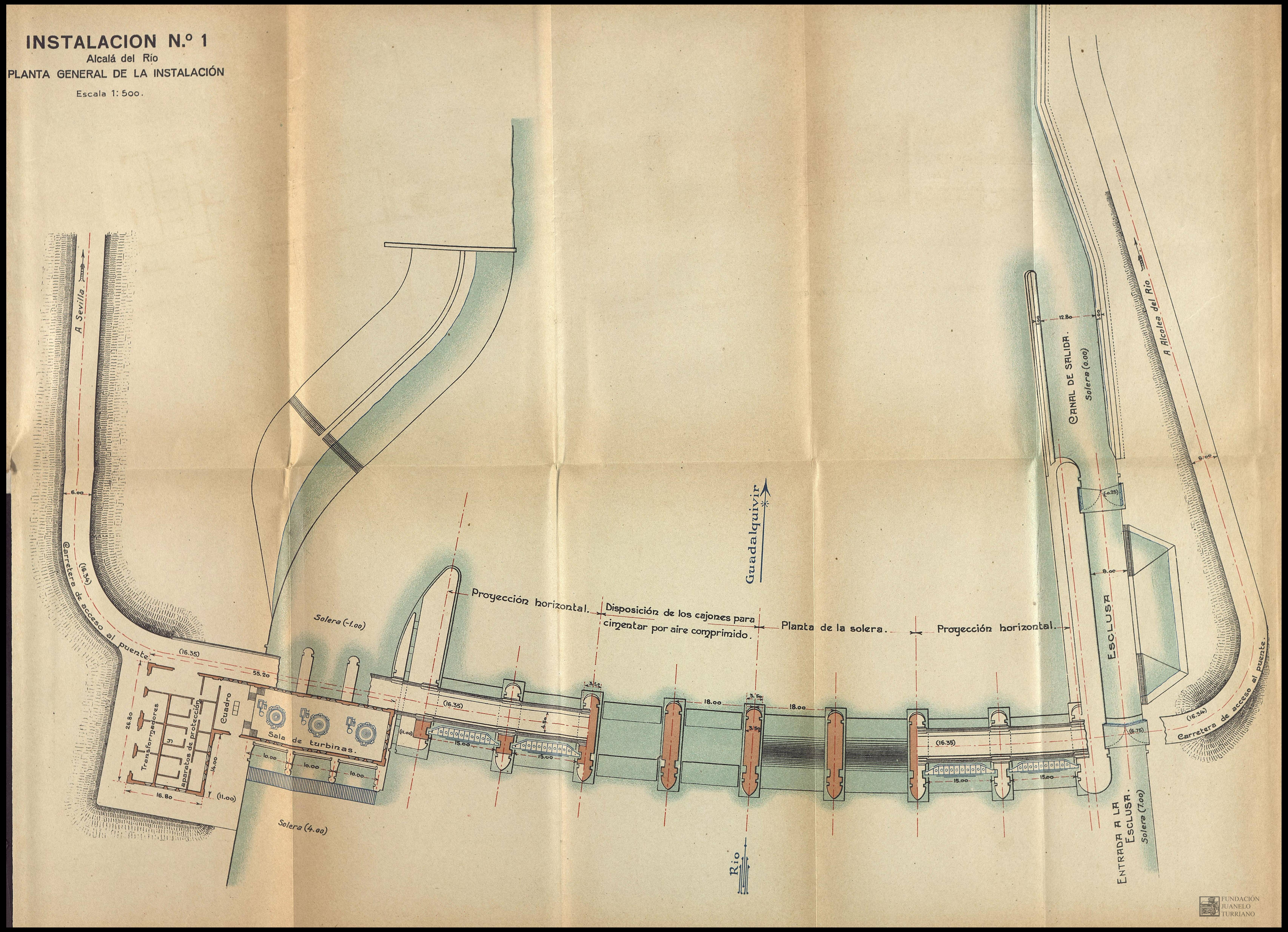


PROYECTO
de canalización y aprovechamiento de energía del
Guadalquivir entre
CÓRDOBA y SEVILLA
PERFIL LONGITUDINAL
de la canalización y aprovechamientos de
ENERGÍA
MADRID 15 DE FEBRERO DE 1919.
El Ingeniero de Caminos.
CORDOBA
SEVILLA
Instalación XI. Córdoba
Instalación X. Villarrubia.
Instalación IX. Guadiato
Instalación VIII. Posadas.
Instalación VII. Palma del Rio
Instalación VI. Peñaflor
Instalación V. Lora del Rio
Instalación IV Peña de la Sal
Instalación III Alcolea del Rio.
Instalación II. Cantillana.
Instalación I. Alcalá del Rio.
Puente del F.C. de Sevilla á Huelva
ORIGEN
LINEA DEL ESTIAGE MEDIO
Presa
Canal
Esclusa y Central
Pendientes en milesimas
Plano de comparación – 20 m
Cotas del estiage medio
Cotas de los embalses
Altura de los embalses
Salto máximo
Longitud de los embalses
Distancias al origen
CALADO MÍNIMO PRODUCIDO AL PIE DE LAS PRESAS


INSTALACION N.º 1
Alcalá del Río
ALZADO GENERAL DE LA INSTALACIÓN
Escala 1:500.
Frente desde aguas arriba.
(16.35)
3.50
18.50
15.00
(12.75) Maximas avenidas.
(10.00) Embalse.
(4.00)
(1.50)
(7.00)
Linea del terreno.
Arcilla.
Frente desde aguas abajo.
6.00
(2.00)
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

INSTALACION N.º 1
Alcalá del Río
PLANTA GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Escala 1: 500.



PROYECTO

de canalización y aprovechamiento de energía del Guadalquivir entre

CÓRDOBA y SEVILLA

INSTALACION N.º 1

Alcalá del Río

SECCION TRANSVERSAL DE LA PRESA

Escala 1:150.

MADRID 15 DE FEBRERO DE 1919.

El Ingeniero de Caminos.

(12,75) *Maximas avenidas*

(10,00) *Embalse*

RIO GUADALQUIVIR

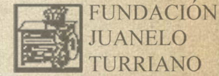
ALTURA DEL EMBALSE


ALTURA DEL SALTO

Marea baja media en (2,00) Estiage

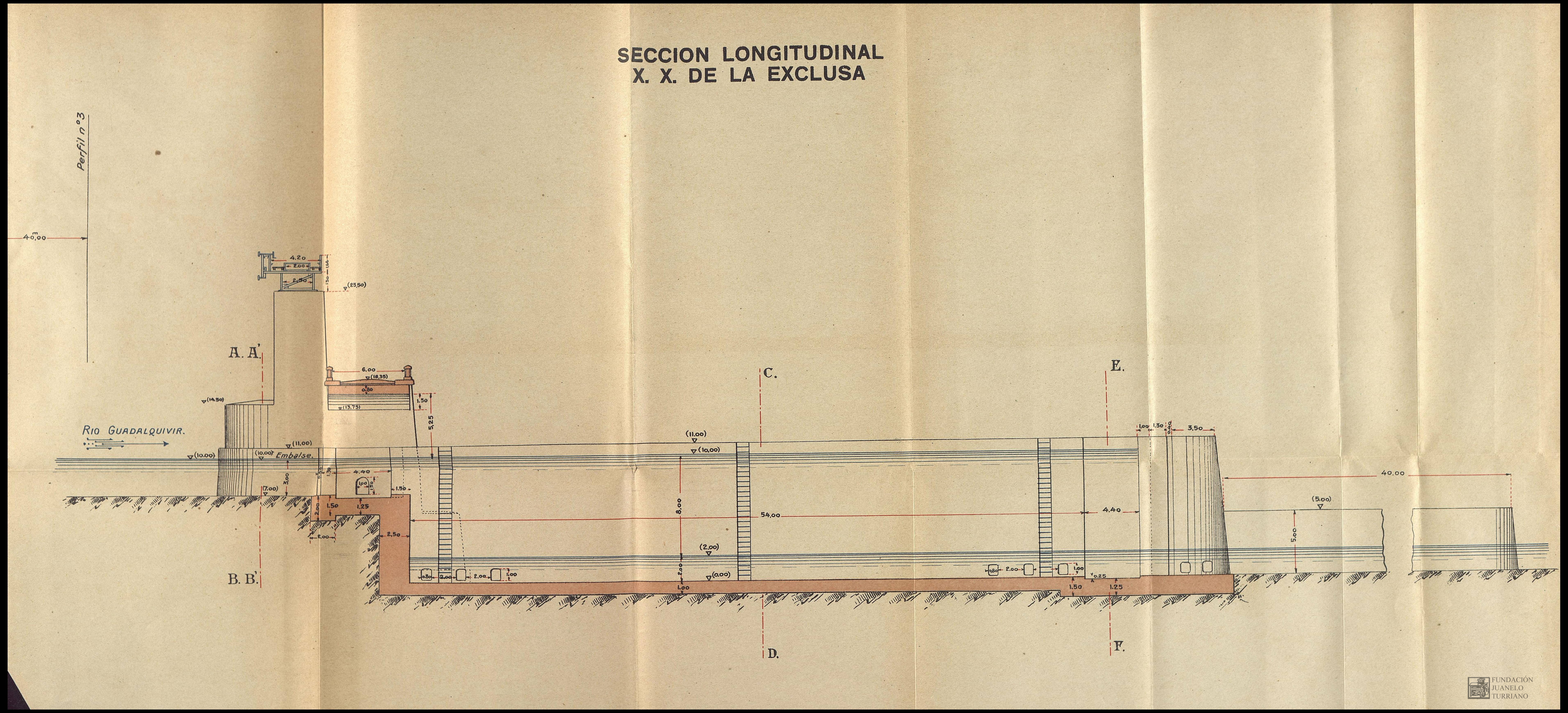
Variable

Arcilla



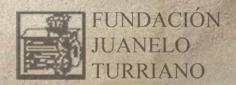


PLANTA DE LA ESCLUSA
Rio Guadalquivir.
Perfil nº 1
Perfil nº 2
Perfil nº 3
A.
A'
B
B'
C.
D.
E.
F.
X.
X
(16.35)
(11,00)
(0,00)
54,00
40,00
12,00
5,00
8,00
4.40
5.40
3.40
9.60
R = 20,00
PROYECTO
de canalización y aprovechamiento de energía del
Guadalquivir entre
CÓRDOBA y SEVILLA
INSTALACION N.º 1
Alcalá del Río
ESCLUSA DE NAVEGACIÓN
Escala 1: 200.
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO


SECCION LONGITUDINAL
X. X. DE LA EXCLUSA
Perfil nº3
Rio Guadalquivir.
Embalse.
A. A'
B. B'
C.
D.
E.
F.
(23,50)
(18,35)
(13,75)
(14,50)
(11,00)
(10,00)
(7,00)
(2,00)
(0,00)
(5,00)
54,00
40,00
FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO



ÍNDICE





PRECIO: [redacted] PTAS.